



BEST AVAILABLE COPY

DE 102 56 087 A 1

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 56 087 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:
B 60 K 41/20
B 60 T 13/00
F 02 D 41/00
F 02 D 35/00

⑳ Aktenzeichen: 102 56 087.0
㉔ Anmeldetag: 2. 12. 2002
㉕ Offenlegungstag: 21. 8. 2003

③0 Unionspriorität:
2001-368455 (P) 03. 12. 2001 JP
⑦1 Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

⑦2 Erfinder:
Ogawa, Ken, Wako, Saitama, JP; Sugawara,
Choichi, Wako, Saitama, JP; Ishii, Kazuyoshi, Wako,
Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und Motorsteuereinheit für eine Brennkraftmaschine

⑤7 Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und eine Motorsteuereinheit für eine Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellt, um unter Vermeidung einer komplizierten Steuerung/Regelung einen Unterdruck in einem Bremskraftverstärker und eine stabile Verbrennung sicherzustellen. Die Vorrichtung und das Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und die Motorsteuereinheit sind zur Verwendung bei einer Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung vorgesehen, die in der Weise konfiguriert ist, dass basierend auf einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine ein Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt wird, wobei ein Bremskraftverstärker zum Verstärken der Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck vorgesehen ist. Die Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks umfasst einen Unterdrucksensor für die Erfassung eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker und eine ECU zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger ist als ein erster vorgegebener Unterdruck. Die ECU steuert einer Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die ECU die Einstellung des Verbrennungsmodus ...

DE 102 56 087 A 1

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und eine Motorsteuereinheit für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, welche dazu konfiguriert ist, einen Verbrennungsmodus entsprechend einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einzustellen, und mit einem Bremskraftverstärker zum Erhöhen einer Bremskraft einer Bremse durch einen von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine konventionelle Steuer/Regel-Vorrichtung der eingangs genannten Art ist in dem japanischen Patent Nr. 3003528 beschrieben. Eine in diesem Patent beschriebene Brennkraftmaschine ist eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, welche Kraftstoff direkt in Zylinder einspritzt. Insbesondere erfolgt eine Kraftstoffeinspritzung bei dieser Brennkraftmaschine in einem Kompressionshub bei im wesentlichen vollständig geöffneter Drosselklappe, wenn die Motorlast gering ist, um zur Verbesserung der Kraftstoffökonomie und dergleichen eine Schichtverbrennung bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis durchzuführen, das extrem magerer als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist. In anderen Betriebsbereichen spritzt die Maschine den Kraftstoff in einem Ansaughub ein, um zur Sicherung der Leistung eine homogene Verbrennung mit einem Luft/Kraftstoff-Gemisch bei dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis durchzuführen. Die Steuer/Regel-Vorrichtung nutzt einen Unterdruck in einem Ansaugrohr, um einen Unterdruck in einem Bremskraftverstärker zur Erhöhung einer Bremskraft einer Bremse zu erfassen, und sie steuert die Öffnung der Drosselklappe (im Folgenden "Drosselklappenöffnung" genannt) um eine Korrekturöffnung von einer Referenzöffnung zwangsmäßig in Schließrichtung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger als ein vorgegebener Unterdruck ist. Die Referenzöffnung wird gemäß einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine eingestellt, während die Einstellung der Korrekturöffnung gemäß der Drehzahl und der eingespritzten Kraftstoffmenge der Brennkraftmaschine erfolgt. Wird die Drosselklappe in der vorstehend beschriebenen Weise um die Korrekturöffnung in die Schließrichtung gesteuert, stellt die Steuer/Regel-Vorrichtung den Verbrennungsmodus zur Sicherstellung der Zündung auf einen homogenen Verbrennungsmodus ein und berechnet Kraftstoffeinspritz-Parameter (eine Kraftstoffeinspritzdauer, einen Zündzeitpunkt und eine Öffnung eines AGR-Ventils für den homogenen Verbrennungsmodus. [0003] Jedoch ist die vorstehend beschriebene Steuer/Regel-Vorrichtung konventioneller Art mit folgenden Problemen verbunden. Falls in dem Bremskraftverstärker ein niedriger Unterdruck erfasst wird, stellt die Steuer/Regel-Vorrichtung von all den Kraftstoffeinspritzparametern, die vorher für die homogene Verbrennung festgelegt worden waren, nur die Drosselklappenöffnung zwangsmäßig in die Schließrichtung ein, weshalb die Parameter für die Kraftstoffeinspritzung aus dem Gleichgewicht geraten, was sich negativ auf die Kraftstoffökonomie, das Fahrverhalten und die Abgascharakteristik auswirkt. Wenn man zur Beseitigung eines solchen Nachteils die Kraftstoffeinspritzparame-

ter für den homogenen Verbrennungsmodus bei Zwangssteuerung der Drosselklappenöffnung in die Schließrichtung auf Werte einstellt, die sich von den Werten in dem Fall unterscheiden, in dem die Drosselklappenöffnung nicht auf diese Weise gesteuert wird, benötigt man eine komplizierte Steuerung/Regelung, die insofern nachteilig ist, als sie eine höhere Speicherkapazität, eine längere Berechnungszeit und dergleichen erfordert.

10 AUFGABE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um die vorgenannten Probleme zu lösen, und es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und eine Motorsteuereinheit für eine Brennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen, die unter Vermeidung einer komplizierten Steuerung/Regelung in der Lage ist, einen Unterdruck in einem Bremskraftverstärker und eine stabile Verbrennung zu sichern.

[0005] Zur Lösung der oben angegebenen Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung eine Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung bereitgestellt, die in der Weise konfiguriert ist, dass sie auf Grundlage einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine einen Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die mit einem Bremskraftverstärker für die Verstärkung der Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist.

[0006] Die Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine Unterdruck-Detektoreinrichtung zur Erfassung eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker; eine Verbrennungsmoduseinstell-Sperreinrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, falls der erfasste Unterdruck niedriger als einer erster vorgegebener Unterdruck ist; und eine Steuer/Regel-Einrichtung zum Steuern/Regeln einer Drosselventilöffnung gemäß einer Soll-Drosselventilöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus verhindert, dass der Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung eingestellt wird.

[0007] Ist der Unterdruck in dem Bremskraftverstärker niedriger als der erste vorgegebene Unterdruck, so wird gemäß dieser für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung gesperrt, d. h. der Verbrennungsmodus wird auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt. Dadurch lässt sich der von dem Ansaugrohr eingeleitete Unterdruck in dem Bremskraftverstärker sicherstellen, indem die Drosselklappenöffnung auf Grundlage der Soll-Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit dem homogenen Verbrennungsmodus in der Weise gesteuert/geregt wird, dass der Unterdruck in dem Ansaugrohr aufrecht erhalten wird. Außerdem wird für eine stabile Verbrennung gesorgt, weil der Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt ist. Wenn in dem Bremskraftverstärker ein unzureichender Unterdruck vorherrscht, wird anders als bei der Steuer/Regel-Vorrichtung konventioneller Art eine normale Steuerung/Regelung bei der homogenen stöchiometrischen Verbrennung angewendet, welche

so ist, dass die Drosselklappe auf der Basis dieser Steuerung/Regelung sequentiell automatisch geschlossen wird. Weil sich dadurch eine Zwangsschließung der Drosselklappe erübrigt, kann man eine komplizierte Steuerung/Regelung vermeiden.

[0008] Zur Lösung der vorstehend genannten Aufgabe wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung bereitgestellt, die in der Weise konfiguriert ist, dass sie auf Grundlage einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine einen Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die zur Verstärkung der Bremskraft einer Bremse durch von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck einen Bremskraftverstärker aufweist.

[0009] Das Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Erfassen eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker;
- Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger als ein erster vorgegebener Unterdruck ist; und
- Steuern/Regeln einer Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung gesperrt ist.

[0010] Das oben beschriebene Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie oben beschrieben bezüglich der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung.

[0011] Zur Lösung der genannten Aufgabe wird gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung eine Motorsteuereinheit bereitgestellt, die ein Steuerprogramm enthält, das einen Computer veranlasst, die Steuerung/Regelung eines Brems-Unterdrucks durchzuführen, für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, die in der Weise konfiguriert ist, dass sie auf Grundlage einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine einen Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die mit einem Bremskraftverstärker zur Verstärkung der Bremskraft einer Bremse durch von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist.

[0012] Die Motorsteuereinheit gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerprogramm den Computer veranlasst:

- einen Unterdruck in dem Bremskraftverstärker zu erfassen;
- die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung zu sperren, wenn der erfasste Unterdruck niedriger ist als ein erster vorgegebener Unterdruck; und
- eine Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus zu steuern/regeln, wenn die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung gesperrt ist.

[0013] Diese Motorsteuereinheit bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen, wie sie im Zusammenhang mit der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung beschrieben wurden.

[0014] Vorzugsweise umfasst der Verbrennungsmodus bei der für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks ferner eine homogene magere Verbrennung, wobei die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung sperrt, wenn der Unterdruck niedriger als ein erster vorgegebener Unterdruck ist.

[0015] Sofern der Unterdruck in dem Bremskraftverstärker niedriger als der erste vorgegebene Unterdruck ist, sperrt die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung, so dass der Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt wird. Da ein Unterdruck in dem Ansaugrohr auch bei der homogenen mageren Verbrennung niedrig ist, wird die homogene magere Verbrennung gesperrt und der Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt. Dadurch lässt sich ein Unterdruck in dem Ansaugrohr aufrecht erhalten, um einen Unterdruck in dem Bremskraftverstärker zu sichern und um eine stabile, störungsfreie Verbrennung zu erzielen.

[0016] Vorzugsweise umfasst der Verbrennungsmodus bei dem für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks ferner eine homogene magere Verbrennung, wobei der Schritt des Sperrens der Einstellung des Verbrennungsmodus die Sperrung der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung enthält, wenn der Unterdruck niedriger als der erste vorgegebene Unterdruck ist.

[0017] Diese bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

[0018] Vorzugsweise umfasst der Verbrennungsmodus in der Motorsteuereinheit ferner eine homogene magere Verbrennung, wobei das Steuerprogramm den Computer veranlasst, die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung zu sperren, wenn der Unterdruck niedriger als der erste vorgegebene Unterdruck ist.

[0019] Diese bevorzugte Ausführungsform der Motorsteuereinheit bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

[0020] Bei der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine gibt die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus den gesperrten Verbrennungsmodus frei, wenn der Unterdruck über den ersten vorgegebenen Druck, der höher als der erste vorgegebene Unterdruck ist, hinaus erhöht wird, während die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung sperrt.

[0021] Wenn der Unterdruck über den zweiten vorgegebe-

nen Druck erhöht wird, während die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung sperrt, hebt die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks die Sperre des untersagten Verbrennungsmodus unter der Annahme auf, dass sich der Unterdruck in dem Bremskraftverstärker so weit erholt hat, dass er die Bremskraft der Bremse verstärken kann. Auf diese Weise ist es möglich, die durch das Sperren der Schichtverbrennung und dergleichen hervorgerufene Verschlechterung der Kraftstoffökonomie auf ein Minimum zu reduzieren. Hinzu kommt, dass der Verbrennungsmodus stabil umgeschaltet werden kann, ohne Pendeln zu verursachen, indem der zweite vorgegebene Unterdruck höher bemessen wird als der erste vorgegebene Unterdruck.

[0022] Vorzugsweise umfasst der Schritt des Sperrens der Einstellung des Verbrennungsmodus bei dem für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks die Freigabe des gesperrten Verbrennungsmodus, wenn der Unterdruck über den ersten vorgegebenen Druck, der höher als der erste vorgegebene Unterdruck ist, hinaus erhöht wird, während die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung gesperrt ist.

[0023] Diese bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

[0024] Vorzugsweise veranlasst das Steuerprogramm in der Motorsteuereinheit den Computer des weiteren zur Freigabe des gesperrten Verbrennungsmodus, wenn der Unterdruck über den ersten vorgegebenen Druck, der höher als der erste vorgegebene Unterdruck ist, hinaus erhöht wird, während die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung gesperrt ist.

[0025] Diese bevorzugte Ausführungsform der Motorsteuereinheit erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

[0026] Bei der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine setzt die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Sperre der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung vorzugsweise nach der Erhöhung des Unterdrucks über den vorgegebenen zweiten Unterdruck fort, wenn die benötigte Leistung höher ist als ein vorgegebenes oberes Leistungslimit.

[0027] Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine setzt die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Sperre der Verbrennungsmodi selbst dann fort, wenn sich der Unterdruck erholt hat, wobei dem Ausgangsdrehmoment der Maschine eine höhere Priorität beigemessen wird, so dass es möglich ist, einen einem Betriebszustand der Maschine angemessenen Verbrennungsmodus einzustellen.

[0028] Bei dem für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks enthält der Schritt des Sperrens der Einstellung des Verbrennungsmodus die Fortsetzung des Sperrens der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung, wenn die benötigte Leistung höher ist als ein vorgege-

benes oberes Leistungslimit nach der Erhöhung des Unterdrucks über den zweiten vorgegebenen Unterdruck.

[0029] Diese bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

[0030] Weiterhin veranlasst das Steuerprogramm in der Motorsteuereinheit den Computer vorzugsweise zum fortwährenden Sperren der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung, wenn die benötigte Leistung höher ist als ein vorgegebenes oberes Leistungslimit nach der Erhöhung des Unterdrucks über den zweiten vorgegebenen Unterdruck.

[0031] Diese bevorzugte Ausführungsform der Motorsteuereinheit bietet die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie die entsprechende bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks.

FIGURENKURZBESCHREIBUNG

[0032] Fig. 1 ist eine schematische allgemeine Darstellung einer für eine Brennkraftmaschine vorgesehenen Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks gemäß einer Ausführungsform der Erfindung und einer Brennkraftmaschine, auf welche die Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks angewendet ist;

[0033] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das eine Hauptroutine einer Kraftstoffeinspritz-Steuerung/Regelung zeigt;

[0034] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das eine Unteroutine für eine Steuerung eines homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus in Schritt 16 von Fig. 2 darstellt;

[0035] Fig. 4 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Unteroutine für die Bestimmung eines Bremskraftverstärker-Unterdrucks in Schritt 1 von Fig. 2;

[0036] Fig. 5 und 6 sind jeweils Flussdiagramme, die in Kombination eine Unteroutine für die Bestimmung einer Schichtverbrennungszone in Schritt 2 von Fig. 2 zeigen;

[0037] Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer NE-#PMDIZnHH-Tabelle zur Anwendung in der Unteroutine von Fig. 5;

[0038] Fig. 8 zeigt ein Beispiel einer NE-#PMDIZnHL-Tabelle zur Anwendung in der Unteroutine von Fig. 6;

[0039] Fig. 9 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Unteroutine für die Bestimmung einer Bedingung für die Durchführung einer Schichtverbrennung in Schritt 81 von Fig. 5;

[0040] Fig. 10 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Routine für die Bestimmung einer Bedingung für die Durchführung einer homogenen mageren Verbrennung bei der Bestimmung der Zone der homogenen mageren Verbrennung von Fig. 2;

[0041] Fig. 11 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Unteroutine zum Setzen von S_EMOD in Schritt 4 von Fig. 2;

[0042] Fig. 12 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Hauptroutine einer Basissteuerung für eine Maschine 3;

[0043] Fig. 13 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Unteroutine zum Finden eines benötigten Drehmoments; und

[0044] Fig. 14 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Routine für die Steuerung/Regelung einer Drosselklappenöffnung.

DETAILBESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0045] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die

anliegenden Zeichnungen im Detail beschrieben. Fig. 1 zeigt allgemein die Konfiguration einer Vorrichtung 1 zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine, an der die vorliegende Erfindung ausgeführt ist. Die dargestellte Vorrichtung 1 zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks umfasst eine elektronische Motorsteuerereinheit (einschließlich einer Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus, nachfolgend "ECU 2" genannt). Die ECU 2 führt Steuerroutinen durch, wie das an späterer Stelle noch erläutert wird.

[0046] Eine Brennkraftmaschine (nachstehend die "Maschine" genannt) 3 ist ein nicht dargestellter Vierzylinderbenzinmotor mit Direkteinspritzung für ein nicht gezeigtes Fahrzeug (wobei nur einer der Zylinder des Motors dargestellt ist). Eine Brennkammer 3c ist zwischen einem Kolben 3a und einem Zylinderkopf 3b eines jeden Zylinders gebildet. Eine Vertiefung 3d ist in einem zentralen Bereich einer Oberseite des Kolbens 3a gebildet. Der Zylinderkopf 3b ist jeweils mit einem Ansaugrohr 4 und mit einem Abgasrohr 5 versehen und auch mit einem Kraftstoffeinspritzventil (im Folgenden "Injektor" genannt) 6 und einer Zündkerze 7, die an einer Seite der Brennkammer 3c angebracht sind. Zusammengefasst entspricht die Maschine 3 also dem Typ mit Zylinderdirekteinspritzung, bei dem Kraftstoff durch den Injektor 6 direkt in die Brennkammer 3c eingespritzt wird.

[0047] Das Ansaugrohr 4 ist über ein Zweigrohr 8 mit einem Bremskraftverstärker 9 verbunden, der aus einer kreisrunden Gummimembrane und dergleichen besteht. Der Bremskraftverstärker 9 wird mit Unterdruck beaufschlagt, der durch Schließen einer in dem Ansaugrohr 4 angeordneten Drosselklappe 10 erzeugt wird. Dieser in den Bremskraftverstärker 9 geleitete Unterdruck verstärkt eine Trittkraft auf das Bremspedal 11, das von dem Fahrer betätigt wird. Ein Unterdrucksensor 21 ist zur Erfassung eines Absolutwerts PBAM des Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker 9 (im Folgenden "Bremskraftverstärker-Unterdruck" genannt) in dem Zweigrohr 8 angeordnet. Das erfasste Signal PBAM wird an die ECU 2 ausgegeben.

[0048] Die Drosselklappe 10 ist mit einem Elektromotor 10a gekoppelt, der die Drosselklappenöffnung TH steuert/regelt. Ein Drosselklappenöffnungssensor 22 zur Erfassung der Drosselklappenöffnung TH ist ebenfalls mit der Drosselklappe 10 verbunden. Ein erfasstes Signal wird an die ECU 2 ausgegeben. Die ECU 2 steuert die Drosselklappenöffnung TH über den Elektromotor 10a in Übereinstimmung mit einem Betriebszustand der Maschine 3, um die Ansaugluftmenge für die Maschine 3 zu steuern/regeln.

[0049] Das Ansaugrohr 4 und das Abgasrohr 5 sind mit einem Einlassventil 12 bzw. einem Auslassrohr 13 versehen. Dieses Einlassventil 12 und Auslassrohr 13 werden zum Öffnen und Schließen durch einen Einlassnocken 12a und einen Auslassnocken 13a angesteuert, die an einer Einlassnockenwelle 12b bzw. einer Auslassnockenwelle 13b befestigt sind. Die Einlassnockenwelle und die Auslassnockenwelle 12b, 13b sind durch einen nicht dargestellten Steuerriemen und dergleichen mit einer Kurbelwelle 3e verbunden und werden nach jeweils zwei Umdrehungen der Kurbelwelle 3e einmal gedreht. Die Einlassnockenwelle 12b ist auch mit einem nicht dargestellten Nockenphasenvariationsmechanismus zum Variieren einer Nockenphase CAIN des Einlassnockens 12a relativ zur Kurbelwelle 3e versehen.

[0050] Die Eingangsnockenwelle 12b ist auch mit einem Nockenwinkelsensor 23 ausgestattet. Der Nockenwinkelsensor 23, der beispielsweise aus einem Magnetrotor und einem MRE-Messwertgeber besteht, gibt während der Drehung der Nockenwelle 12b pro vorgegebenem Nockenwinkel (z. B. nach jeweils 1°) ein gepulstes CAM-Signal an die ECU 2 aus. Die ECU 2 berechnet die tatsächliche Nocken-

phase CAIN unter Verwendung des CAM-Signals und eines später beschriebenen CRK-Signals.

[0051] Ein Magnetrotor 24a ist an der Kurbelwelle 3e angebracht. Der Magnetrotor 24a umfasst den Kurbelwinkelsensor 24 zusammen mit dem MRE-Messertgeber 24b. Während die Kurbelwelle 3e gedreht wird, gibt der Kurbelwinkelsensor 24 das CRK-Signal und ein TDC-Signal aus, die beide Impulssignale sind.

[0052] Ein Impuls des CRK-Signals wird pro vorgegebenem Kurbelwinkel (z. B. alle 30°) ausgegeben. Die ECU 2 berechnet auf Grundlage des CRK-Signals eine Drehzahl (im Folgenden "Motordrehzahl" genannt) NE der Maschine 3. Das TDC-Signal ist ein Signal, welches anzeigt, dass sich der Kolben 3a eines jeden Zylinders zu Beginn eines Ansaughubs in einer vorgegebenen Kurbelwinkelposition in der Nähe der oberen Totlage (TDC) befindet. Bei diesem Beispiel, das sich auf eine Vierzylindermaschine bezieht, wird nach jeweils 180° des Kurbelwinkels ein Impulssignal ausgegeben. Die Maschine 3 ist auch mit einem nicht dargestellten Zylinder-Unterscheidungssensor versehen. Der Zylinder-Unterscheidungssensor sendet an die ECU 2 ein Zylinder-Unterscheidungssignal, welches ein Impulssignal zum Unterscheiden eines Zylinders ist. Die ECU 2 greift auf dieses Zylinder-Unterscheidungssignal, CRK-Signal und TDC-Signal zurück, um eine Kurbelwinkelposition für jeden Zylinder zu unterscheiden.

[0053] Ein Absolut-Saugrohrinnendrucksensor 25 ist an einer Stelle stromabwärts der Drosselklappe 10 in dem Ansaugrohr 4 vorgesehen. Der Absolut-Saugrohrinnendrucksensor 25, der einen Halbleiterdrucksensor oder dergleichen umfasst, erfasst einen Absolut-Saugrohrinnendruck PBA, welcher der Absolutdruck in dem Ansaugrohr 4 ist, und sendet ein den Absolut-Saugrohrinnendruck PBA angegebendes Erfassungssignal an die ECU 2. An dem Ansaugrohr 4 ist auch ein Ansauglufttemperatursensor 26 angebracht. Der Ansauglufttemperatursensor 26, der einen Thermistor umfasst, erfasst eine Ansauglufttemperatur TA in dem Ansaugrohr 4 und sendet ein die Ansauglufttemperatur TA angegebendes Erfassungssignal an die ECU 2.

[0054] Ein AGR-Rohr 14 ist zwischen eine Stelle des Ansaugrohrs 4 stromabwärts der Drosselklappe 10 und eine Stelle des Abgasrohrs 5 stromaufwärts eines nicht gezeigten Katalysators geschaltet. Das AGR-Rohr 14 führt einen AGR-Vorgang durch, indem es Abgase der Maschine 3 zur Einlassseite zurückführt, um zur Reduzierung von NOx in den Abgasen die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer 3c zu reduzieren.

[0055] Ein AGR-Steuerventil 15 ist in dem AGR-Rohr 14 angeordnet. Das AGR-Abschaltventil 15 ist ein lineares elektromagnetisches Ventil, das auf ein Antriebssignal von der ECU 2 anspricht, um seinen Ventilhubbetrag zum Öffnen und Schließen des AGR-Rohres 14 linear zu ändern. Ein Ventilhubbetragssensor 27 ist an dem AGR-Abschaltventil 15 angebracht. Der Ventilhubbetragssensor 27 erfasst einen tatsächlichen Ventilhubbetrag LACT des AGR-Abschaltventils 21 und sendet ein den Ventilhubbetrag LAGT angegebendes Erfassungssignal an die ECU 2.

[0056] Die ECU 2 ruft einen Soll-Ventilhubbetrag LCMD für das AGR-Abschaltventil 15 in Übereinstimmung mit einem Betriebszustand der Maschine 3 ab und steuert/regelt den tatsächlichen Ventilhubbetrag LACT in Anpassung an den Soll-Ventilhubbetrag LCMD, um den AGR-Betrag zu steuern/regeln. Der Abruf des Soll-Ventilhubbetrags LCMD wird später beschrieben.

[0057] Ein LAF-Sensor 28 ist an einer Stelle des Abgasrohrs 5 stromaufwärts des Katalysators angeordnet. Der LAF-Sensor, der aus Zirkonoxid- und Platinelektroden und dergleichen besteht, erfasst linear eine Sauerstoffkonzentra-

tion in Abgasen in einem weiten Bereich eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses (A/F), der von einer fetten Zone, die fetter ist als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist, bis zu einer extrem mageren Zone reicht, und sendet ein zur erfassten Sauerstoffkonzentration proportionales Erfassungssignal an die ECU 2.

[0058] Der Injektor 6 ist einem zentralen Bereich einer oberen Wand der Brennkammer 3c angeordnet und durch ein Kraftstoffrohr 6a mit einer Kraftstoffpumpe 6b verbunden. Kraftstoff aus einem nicht dargestellten Kraftstofftank wird durch eine Kraftstoffpumpe 6b unter einem hohen Druck gesetzt und wird durch einen nicht gezeigten Regler geregelt, ehe er dem Injektor 6 zugeführt wird. Der Kraftstoff wird von dem Injektor 6 in Richtung auf die Vertiefung 3d des Kolbens 3a eingespritzt und trifft auf die die Vertiefung 3d enthaltende Oberseite des Kolbens 3a, um einen Kraftstoffstrahlstrom zu bilden. Insbesondere bei einer (später beschriebenen) Schichtverbrennung trifft der größte Teil des von dem Injektor 6 eingespritzten Kraftstoffs auf die Vertiefung 3a, um einen Kraftstoffstrahlstrom zu bilden.

[0059] Ein Kraftstoffdrucksensor 29 ist in der Nähe des Injektors 6 in dem Kraftstoffrohr 6a angeordnet. Der Kraftstoffdrucksensor 29 erfasst den Druck P_h des von dem Injektor 6 eingespritzten Kraftstoffs und sendet ein den Kraftstoffdruck P_f angegebendes Erfassungssignal an die ECU 2. Der Injektor 6 ist auch mit der ECU 2 verbunden, die durch von ihr kommende Antriebssignale eine Kraftstoffstoffspritzdauer T_{out} (eingespritzte Kraftstoffmenge) oder eine Ventilöffnungsdauer und die Zeitpunkte der Kraftstoffeinspritzung θ_{inj} (eine Ventilöffnungszeit und eine Ventilschließzeit) für den Injektor 6 steuert.

[0060] Ein Wassertempersensor 30 und ein Atmosphärendrucksensor 31 sind an dem Körper der Maschine 3 angebracht. Der Wassertempersensor 30, der einen Thermistor umfasst, erfasst eine Wassertemperatur T_W der Maschine, welche die Temperatur des in dem Körper der Maschine 3 zirkulierenden Kühlwassers ist. Der Atmosphärendrucksensor 31 umfasst wiederum einen Halbleiterdrucksensor oder dergleichen und erfasst einen Atmosphärendruck P_A . Diese Erfassungssignale werden an die ECU 2 gesandt.

[0061] Das mit der Maschine 3 ausgestattete Fahrzeug hat einen Gaspedalstellungssensor 32 und einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 33. Der Gaspedalstellungssensor 32 erfasst eine Gaspedalstellung AP , die eine von dem Fahrer auf ein Gaspedal (nicht gezeigt) ausgeübte Kraft angibt. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor wiederum erfasst die Fahrzeuggeschwindigkeit VP . Diese Erfassungssignale werden der ECU 2 zugeleitet. Ein Schaltstufensensor 34 ist ferner an einem nicht dargestellten Automatikgetriebe der Maschine 3 angebracht. Der Schaltstufensensor 34 erfasst eine Schaltstufe des Automatikgetriebes und sendet ein Ausgangssignal, das eine der Schaltstufe entsprechende Schaltposition NGR angibt, an die ECU 2. Die Schaltposition NGR ist auf eine der Positionen "4" bis "0" eingestellt, wenn das Automatikgetriebe Getriebestufen mit einem ersten bis fünften Gang hat.

[0062] Die ECU 2 basiert auf einem Mikrocomputer (nicht gezeigt), der eine CPU 2a, ein RAM 2b, ein ROM 2c und nicht gezeigte Eingabe/Ausgabe-Schnittstellen und dergleichen hat. Die Erfassungssignale von den vorgenannten Sensoren 21–33 werden in die ECU 2 eingegeben, einer A/D-Umwandlung und einer Wellenumformung in der Eingabe-Schnittstelle unterzogen und dann in die CPU 2a eingegeben. Die CPU 2a führt basierend auf einem Steuerprogramm, einer Vielfalt von Tabellen und Kennfeldern (später beschrieben), die in dem ROM 2c gespeichert sind, sowie später beschriebenen Flag-Werten und berechneten Werten

und dergleichen, die in dem RAM 2b gespeichert sind, nach Maßgabe der Eingangssignale eine Vielfalt von Berechnungen durch.

[0063] Insbesondere bestimmt die CPU 2a aus einer Vielfalt von Erfassungssignalen einen Betriebszustand der Maschine 3 und schaltet einen Verbrennungsmodus der Maschine 3 (Verbrennungsmodus) basierend auf dem Ergebnis der Bestimmung in einen Schichtverbrennungsmodus während eines Betriebs bei extrem niedriger Last, z. B. im Leerlaufbetrieb, und in einen homogenen Verbrennungsmodus während eines anderen Betriebs als dem Betrieb bei extrem niedriger Last. Die CPU 2a führt zum Zeitpunkt des Schaltens auch einen Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung durch. Auch steuert die CPU 2a die Kraftstoffeinspritzdauer T_{out} und die Kraftstoffeinspritzzeitpunkte θ_{inj} für den Injektor 6 in Übereinstimmung mit einem gewählten Verbrennungsmodus, um eine Steuerung/Regelung der Kraftstoffeinspritzung einschließlich einer Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldesteuerung (Regelung) durchzuführen.

[0064] Im Schichtverbrennungsmodus wird Kraftstoff in einem Kompressionshub von dem Injektor 6 in der Weise in die Brennkammer 3c eingespritzt, dass der Großteil des eingespritzten Kraftstoffs auf die Vertiefung 3d trifft, um einen Kraftstoffstrahlstrom zu bilden. Ein Luft/Kraftstoff-Gemisch wird mit dem Kraftstoffstrahlstrom und einem aus dem Ansaugrohr 4 kommenden Luftstrom hergestellt. Das Luft/Kraftstoff-Gemisch wird in die Nähe der Zündkerze 7 vorgespannt und bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F (z. B. 27–60), das sehr viel magerer als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist, verbrannt, wenn sich der Kolben 3a im Kompressionshub in der Nähe der oberen Totlage befindet.

[0065] Im homogenen Verbrennungsmodus wird der Kraftstoff in einem Ansaughub in die Brennkammer 3c eingespritzt, um ein mit einem Kraftstoffstrahlstrom und einem Luftstrom über der Brennkammer 3c hergestelltes Luft/Kraftstoff-Gemisch gleichmäßig zu verteilen. Das Luft/Kraftstoff-Gemisch wird bei einem Luft/Kraftstoffverhältnis A/F (z. B. 12–22), das fetter als im Schichtverbrennungsmodus ist, gleichmäßig verbrannt.

[0066] Ferner wird im Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung der Kraftstoff in Abständen in einem Zyklus zweimal eingespritzt, um ein Luft/Kraftstoff-Gemisch bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F (z. B. 12–22), das fetter als im Schichtverbrennungsmodus ist, zu verbrennen. In diesem Fall wird der Kraftstoff zweifach eingespritzt, einmal in einem Ansaughub und einmal in einem Kompressionshub.

[0067] Fig. 12 zeigt eine Hauptroutine für eine Basissteuerung für die Maschine 3. Diese Routine unterbricht in Synchronismus mit einem für die Ausführung eingegebenen TDC-Signal. Diese Routine umfasst einen Abruf eines erforderlichen Drehmoments zum Abrufen eines erforderlichen Drehmoments $PMCDREG$ (in Schritt 120), eine Kraftstoffeinspritz-Steuerung/Regelung (in Schritt 121), eine Drosselklappenöffnungs-Steuerung/Regelung (in Schritt 122) in Übereinstimmung mit dem abgerufenen erforderlichen Drehmoment $PMCDREG$ und dergleichen und eine Zündzeitpunkt-Steuerung/Regelung (in Schritt 123). Im Folgenden werden diese Operationen nacheinander im Detail beschrieben.

[0068] Fig. 13 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Unteroutine zum Finden eines benötigten Drehmoments. Insbesondere ruft die CPU 2a das benötigte Drehmoment $PMCDREG$ basierend auf der Motordrehzahl NE und einer Gaspedalstellung AP (Schritt 150) aus einem nicht dargestellten Kennfeld ab.

[0069] Fig. 2 zeigt eine Hauptroutine einer Kraftstoffein-

spritz-Steuerung/Regelung in Schritt 121 von Fig. 12. Wie später beschrieben, enthält diese Routine eine Bremskraftverstärkerunterdruck-Bestimmung zum Bestimmen, ob in dem Bremskraftverstärker 9 ein für die Verstärkung der Bremskraft der Bremse ausreichender Unterdruck sichergestellt ist oder nicht (Schritt 1), eine Bestimmung, ob anhand des Ergebnisses der Bestimmung in Schritt 1 und anhand eines Betriebszustands der Maschine 3 (Schritte 2, 3) eine Schichtverbrennung und eine homogene magere Verbrennung möglich sind, eine Einstellung eines Verbrennungsmodus-Monitors S_EMOD (Schritt 5), Berechnungen einer Vielfalt von Korrekturkoeffizienten (Schritte 6-13) und eine Vielfalt von Verbrennungsmodussteuerungen in Übereinstimmung mit einem Verbrennungsmodusübergangs-Flag F_COM und dem Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD (Schritte 14-20).

[0070] Zuerst bestimmt die CPU 2a in Schritt 1 (in der Figur und in der nachstehenden Beschreibung als "S1" bezeichnet), wie der Bremskraftverstärkerunterdruck ist. Diese Bestimmung wird später beschrieben.

[0071] Als nächstes bestimmt die CPU 2a in den Schritten 2, 3 jeweils eine Schichtverbrennungszone und eine homogene magere Verbrennungszone. Diese Bestimmungen werden später beschrieben.

[0072] Dann stellt die CPU 2a in Schritt 4 den Verbrennungsmodus in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Bestimmungen in den Schritten 2, 3 ein und stellt den Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD ein, der den eingestellten Verbrennungsmodus angibt. Die CPU 2a stellt den Verbrennungsmodus auf den Schichtverbrennungsmodus ein, wenn der Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD auf "2" eingestellt ist; auf den homogenen mageren Verbrennungsmodus, wenn er auf "1" eingestellt ist; und auf den homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus, wenn er auf "0" eingestellt ist. Details bezüglich dieser Einstellung werden an späterer Stelle beschrieben.

[0073] Die Routine führt dann weiter zu Schritt S, wo die CPU 2a einen Initialwert für einen Start-Korrekturkoeffizienten KAST berechnet. Der Start-Korrekturkoeffizient KAST ist für die inkrementelle Korrektur eines Betrags eingespritzten Kraftstoffs beim Start der Maschine 3 vorgesehen.

[0074] Dann führt die Routine zu Schritt 6, wo die CPU 2a einen Korrekturkoeffizienten KOBSV initialisiert. Dieser Korrekturkoeffizient KOBSV wird bei einer später beschriebenen A/F-Rückführungssteuerung (in Schritt 46) verwendet.

[0075] Die Routine führt dann weiter zu Schritt 7, wo die CPU 2a den in Schritt S berechneten Start-Korrekturkoeffizienten KAST reduziert. Diese Operation wird durchgeführt, um die Höhe der inkrementellen Korrektur des Betrags eingespritzten Kraftstoffs mit dem Start-Korrekturkoeffizienten KAST nach dem Start der Maschine 3 über die Zeit zu reduzieren.

[0076] Als nächstes folgt Schritt 8 in der Routine, wo die CPU 2a eine Basis-Kraftstoffeinspritzdauer T_{ist} zum Starten berechnet.

[0077] Die Routine führt danach weiter zu Schritt 9, wo die CPU 2a einem Wassertemperatur-Korrekturkoeffizienten KTW aus einem nicht gezeigten Kennfeld abrufen, basierend auf der Wassertemperatur TW der Maschine und dem absoluten Ansaugrohrinnendruck PBA.

[0078] Dann folgt Schritt 10 in der Routine, wo die CPU 2a einen Atmosphärendruck-Korrekturkoeffizienten KPA aus einer nicht gezeigten Tabelle ausliest, basierend auf dem Atmosphärendruck PA.

[0079] Die Routine führt danach weiter zu Schritt 11, wo die CPU 2a einen Kraftstoffdruck-Korrekturkoeffizienten

KPF abrufen. Der Kraftstoffdruck-Korrekturkoeffizient KPF wird basierend auf einer Druckdifferenz ΔP_F zwischen einem Kraftstoffdruck P_F und einem Zylinderinnendruck P_{CYL} aus einer nicht dargestellten Tabelle abgerufen. In diesem Fall wird der Zylinderinnendruck P_{CYL} veranschlagt, indem eine nicht dargestellte Tabelle basierend auf einer Kurbelwinkelposition eines jeden Zylinders abgesucht wird.

[0080] Danach folgt Schritt 12 in der Routine, wo die CPU 2a eine F/C-Operation bestimmt. Insbesondere bestimmt die CPU 2a, ob sich die Maschine 3 gemäß der Motordrehzahl NE, der Drosselklappenöffnung TH und dergleichen in einem Betriebszustand mit Kraftstoffabschaltung (nachfolgend "F/C" genannt) befindet oder nicht, und setzt ein das Ergebnis der Bestimmung angegebendes Flag.

[0081] Anschließend führt die Routine zu Schritt 13, wo bestimmt wird, ob das Verbrennungsmodusübergangs-Flag F_CMOD "1" ist oder nicht. Das Verbrennungsmodusübergangs-Flag F_CMOD wird in einem Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung auf "1" gesetzt und in den verbleibenden Verbrennungsmoden auf "0".

[0082] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 13 NEIN, d. h. die Maschine 3 befindet sich in einem anderen Verbrennungsmodus als dem Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung, führt die Routine zu Schritt 14, wo bestimmt wird, ob der in Schritt 4 eingestellte Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD "0" zeigt oder nicht. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 14 JA, führt die Routine weiter zu Schritt 16, wo die CPU 2a eine später beschriebene Steuerung des homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus durchführt, woraufhin die Hauptroutine der Steuerung/Regelung der Kraftstoffeinspritzung endet. Der homogene stöchiometrische Verbrennungsmodus umfasst zusätzlich zu einer Verbrennung zum Verbrennen eines Luft/Kraftstoff-Gemisches hauptsächlich bei einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis eine fette Verbrennung zum Verbrennen eines Luft/Kraftstoff-Gemisches bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F, das fetter ist als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis. Im Folgenden umfasst die hier verwendete stöchiometrische Verbrennung auch die fette Verbrennung.

[0083] Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 14 NEIN ist, d. h. wenn sich die Maschine 3 in einem anderen als dem homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus befindet, führt die Routine zu Schritt 15, wo bestimmt wird, ob der Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD "1" zeigt oder nicht. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 15 JA, d. h. wenn der homogene magere Verbrennungsmodus vorliegt, führt die Routine zu Schritt 17, wo die CPU 2a die Steuerung des homogenen mageren Verbrennungsmodus durchführt, woraufhin die Hauptroutine der Kraftstoffeinspritz-Steuerung/Regelung endet.

[0084] Wird die Bestimmung in Schritt 15 dagegen mit NEIN beantwortet, d. h. wenn der Schichtverbrennungsmodus vorliegt, führt die Routine zu Schritt 18, wo die CPU 2a die Steuerung des Schichtverbrennungsmodus durchführt, woraufhin die Hauptroutine der Kraftstoffeinspritz-Steuerung/Regelung endet.

[0085] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 13 JA, d. h. wenn $F_CMOD = 1$ gilt, führt die Routine zu Schritt 19, wo die CPU 2a die Steuerung des Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung durchführt. Danach endet die Hauptroutine der Kraftstoffeinspritz-Steuerung/Regelung.

[0086] Als nächstes wird eine Unteroutine für die Steuerung des homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus in Schritt 16 in Fig. 2 unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben. Wie dargestellt ist, berechnet die CPU 2a in Schritt 40 zuerst eine Basis-Kraftstoffeinspritzdauer T_{ibase}.

Die Basis-Kraftstoffeinspritzdauer Tibase wird unter Verwendung eines Multiplikations-Terms Ati, eines Additions-Terms Bti und des absoluten Ansaugrohrinnendrucks PBA durch die folgende Gleichung (1) berechnet:

$$Tibase = Ati \cdot PBA + Bti \quad (1),$$

wobei Ati und Bti durch Absuchen eines nicht dargestellten Kennfelds basierend auf der Motordrehzahl NE und der tatsächlichen Nockenphase CAIN ermittelt werden.

[0087] Danach führt die Unteroutine zu Schritt 41, wo die CPU 2a einen Soll-Ventilhubbetrag LCMD abrufen. Der Soll-Ventilhubbetrag LCMD wird abgerufen, wenn das AGR-Rohr 14 zur Durchführung der AGR geöffnet wird. Insbesondere sucht die CPU 2a nicht gezeigte Kennfelder ab, die auf Grundlage der Motordrehzahl NE und des in der Unteroutine von Fig. 13 aus dem Kennfeld abgerufenen benötigten Drehmoments PMCMDREG erstellt sind für die homogene stöchiometrische Verbrennung, die homogene magere Verbrennung, den Leerlaufbetrieb während der Schichtverbrennung und den Nichtleerlaufbetrieb während der Schichtverbrennung, um den Soll-Ventilhubbetrag LCMD für jeden der Verbrennungsmoden zu finden.

[0088] Anschließend folgt Schritt 42 in der Unteroutine, wo die CPU 2a einen AGR-Korrekturkoeffizienten KEGR abrufen. Insbesondere durchsucht die CPU 2a drei nicht dargestellte Kennfelder, basierend auf dem benötigten Drehmoment PMCMDREG, der Motordrehzahl NE, dem in Schritt 41 abgerufenen Soll-Ventilhubbetrag LCMD, dem durch den Ventilhubbetrags-Sensor 27 erfassten tatsächlichen Ventilhubbetrag LACT, dem absoluten Ansaugrohrinnendruck PBA und einem Kennfeldwert PBAm des absoluten Ansaugrohrinnendrucks PBA, um den AGR-Korrekturkoeffizienten KEGR zu finden. Der AGR-Korrekturkoeffizient KEGR wird ermittelt, um eine durch eine Änderung des AGR-Betrages bedingte Änderung des Ansaugluftbetrags zu kompensieren.

[0089] Danach führt die Unteroutine zu Schritt 43, wo die CPU 2a einen endgültigen Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KCMD berechnet. Insbesondere durchsucht die CPU 2a zuerst ein nicht dargestelltes Kennfeld basierend auf dem benötigten Drehmoment PMCMDREG und der Motordrehzahl NE, um einen grundlegenden Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KBS zu finden. Dann multipliziert die CPU 2a den grundlegenden Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KBS mit dem in Schritt 9 abgerufenen Wassertemperatur-Korrekturkoeffizienten KTW, um den endgültigen Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KCMD zu berechnen. Dieser grundlegende Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizient KBS und dieser endgültige Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizient KCMD werden als Äquivalenzverhältnisse proportional zu dem Kehrwert des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses A/F dargestellt.

[0090] Als nächstes führt die Unteroutine zu Schritt 44, wo die CPU 2a einen Gesamt-Korrekturkoeffizienten KTOTAL berechnet. Insbesondere wird der Gesamt-Korrekturkoeffizient KTOTAL durch die folgende Gleichung (2) berechnet:

$$KTOTAL = KAST \cdot KTA \cdot KPA \cdot KEGR \cdot KETC \quad (2),$$

wobei KTA ein basierend auf der Ansauglufttemperatur TA aus einer nicht dargestellten Tabelle ausgelesener Ansauglufttemperatur-Korrekturkoeffizient ist und KETC ein basierend auf dem endgültigen Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KCMD aus einer nicht dargestellten Tabelle ausgelesener Füllkoeffizient-Korrekturkoeffizient ist.

[0091] Danach führt die Unteroutine zu Schritt 45, wo der Korrekturkoeffizient KOBSV berechnet wird. Insbesondere schätzt ein Beobachter ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis für jeden Zylinder, um den Korrekturkoeffizienten KOBSV zu berechnen, der im nächsten Schritt 46 verwendet wird.

[0092] Es folgt dann Schritt 46 in der Unteroutine, wo die CPU 2a eine A/F-Rückführungssteuerung(Regelung) durchführt. Insbesondere führt die CPU 2a unter Anwendung des endgültigen Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KCMD und des Korrekturkoeffizienten KOBSV, die in Schritt 43 bzw. Schritt 46 berechnet wurden, eine Rückmeldungssteuerung(Regelung) eines geschätzten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses für jeden Zylinder durch.

[0093] Die Unteroutine führt anschließend weiter zu Schritt 47, wo ein Rückmeldungs(Regelungs)-Korrekturkoeffizient KSTR berechnet wird. Insbesondere wird eine adaptive Steuer-/Regeleinheit des selbstabstimmenden Reglertyps (nicht dargestellt) verwendet, um den Rückmeldungs(Regelungs)-Korrekturkoeffizienten KSTR basierend auf dem Erfassungssignal von dem LAF-Sensor 28 zu berechnen. Der Rückführungs(Regelungs)-Korrekturkoeffizient KSTR wird angewendet als Korrekturkoeffizient für die Basis-Kraftstoffeinspritzdauer Tibase zur dynamischen Kompensation einer Verzögerung, die wegen einer Ansprechverzögerung eines Kraftstoffeinspritzsystems bei der Angleichung des tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses an ein Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnis entsteht, um die Konvergenz der Luft/Kraftstoffverhältnis-Rückmeldungssteuerung(Regelung) zu verbessern.

[0094] Die Unteroutine führt dann zu Schritt 48, wo die CPU 2a ein Direktverhältnis Ae und ein Abtragsverhältnis Be berechnet. Insbesondere berechnet die CPU 2a das Direktverhältnis Ae und das Abtragsverhältnis Be, welche Kraftstoff-Verhaltensparameter sind, aus der Motordrehzahl NE, dem absoluten Ansaugrohrinnendruck PBA und Parametern, die eine Vielfalt von Betriebszuständen angeben.

[0095] Danach führt die Unteroutine zu Schritt 49, wo die CPU 2a die Kraftstoffeinspritzdauer Tout berechnet. Insbesondere berechnet die CPU 2a eine benötigte Kraftstoffeinspritzdauer Tcyl (i) für jeden Zylinder durch Multiplizieren der wie vorstehend beschrieben berechneten Basis-Kraftstoffeinspritzdauer Tibase mit dem Gesamt-Korrekturkoeffizienten KTOTAL, dem endgültigen Soll-Luft/Kraftstoffverhältnis-Koeffizienten KCMD und dem Rückmeldungs(Regelungs)-Korrekturkoeffizienten KSTR und durch Addieren des Korrekturwerts TiDB mit dem resultierenden Produkt (Tcyl (i) = Tibase · KTOTAL · KCMD · KSTR + TiDB), wobei der Buchstabe i in der benötigten Kraftstoffeinspritzdauer Tcyl (i) eine Zylindernummer darstellt.

[0096] Als nächstes berechnet die CPU 2a eine Kraftstoffeinspritzdauer Tout (i) für jeden Zylinder unter Verwendung des vorher berechneten Kraftstoffdruck-Korrekturkoeffizienten KPF, des Direktverhältnisses Ae und des Abtragsverhältnisses Be gemäß der folgenden Gleichung (3). Diese Kraftstoffeinspritzdauern Tout (i) geben die Ventilöffnungsauern der Injektoren 6 für die jeweiligen Zylinder und die tatsächlich in die jeweiligen Zylinder eingespritzten Kraftstoffbeträge an.

$$Tout (i) = ((Tcyl(i) - Be \cdot TWP(i))/Ae) \cdot KPF + TiVB \quad (3),$$

wobei TiVB eine basierend auf der Batteriespannung berechnete ungültige Korrekturzeit und TWP (i) ein zu dem Betrag anhaftenden Kraftstoffs äquivalenter Wert (Zeit) für jeden Zylinder ist. Der Wert TWP (i) wird gemäß der folgenden Gleichung (4) bei einer Berechnung von TWP (i) berechnet, die getrennt von der Steuerung des homogenen stö-

chiometrischen Verbrennungsmodus stattfindet.

$$\text{TWP}(i)_n = (\text{Tout}(i) - \text{TiVB})/\text{KPF} \cdot (1 - \text{Ae}) + (1 - \text{Be}) \cdot \text{TWP}(i)_{n-1} \quad (4),$$

wobei TWP(i)_n und TWP(i)_{n-1} jeweils ein aktueller Wert und ein vorheriger Wert des zu dem anhaftenden Kraftstoff äquivalenten Betragswerts TWP(i) sind.

[0097] Die Unteroutine führt danach zu Schritt S0, wo die CPU 2a einen Zeitpunkt für die Kraftstoffeinspritzung θ_{inj} berechnet. Insbesondere wird der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung θ_{inj} von einem Zeitpunkt des Ende der Einspritzung und der in Schritt 49 berechneten Kraftstoffeinspritzdauer Tout zurück berechnet. Der Zeitpunkt für das Einspritzende wird in Übereinstimmung damit, ob die AGR durchgeführt wird oder nicht, und dergleichen aus einem nicht dargestellten Kennfeld abgerufen.

[0098] Die jeweiligen Abläufe für die Steuerung des homogenen mageren Verbrennungsmodus, des Schichtverbrennungsmodus und des Verbrennungsmodus mit Zweifacheinspritzung sind im Grunde identisch mit den Schritten 40 bis 50 der vorstehend beschriebenen Steuerung des stöchiometrischen Verbrennungsmodus, so dass deren gesonderte Beschreibung entfallen kann.

[0099] Fig. 4 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer in Schritt 1 von Fig. 2 abgearbeiteten Unteroutine zum Bestimmen eines Bremskraftverstärkerunterdrucks. Zunächst setzt die CPU 2a in Schritt 21 ein Flag F_PBM für die Anforderung eines aktuellen Bremskraftverstärkerunterdrucks als dessen Vorwert F_PBM1. Das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks wird unter der Annahme, dass ein Unterdruck angefordert wird, auf "1" gesetzt, wenn bestimmt wird, dass in dem Bremskraftverstärker 9 kein ausreichender Unterdruck sichergestellt ist und dass der Unterdruck deshalb verstärkt werden sollte, wie das an späterer Stelle beschrieben wird. Danach subtrahiert die CPU 2a einen mit Hilfe des Unterdrucksensors 21 erfassten Bremskraftverstärkerunterdruck PBAM von dem mit Hilfe des Atmosphärendrucksensors 31 erfassten Atmosphärendruck PA und stellt den Ergebniswert als Bremskraftverstärker-Messunterdruck PBGM ein (Schritt 22).

[0100] Als nächstes wird bestimmt, ob der Vorwert F_PBM1 des Flag für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks "1" ist oder nicht (Schritt 23). Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 23 NEIN ist, d. h. wenn F_PBM1 = 0 gilt, was der Hinweis darauf ist, dass das vorhergehende Mal kein Unterdruck für den Bremskraftverstärker 9 angefordert worden war, wird bestimmt, ob die mit Hilfe des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors 33 erfasste Fahrzeuggeschwindigkeit VP gleich oder niedriger ist als eine vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit #X_VPPBM (z. B. 15 km/h) (Schritt 24). Lautet das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 24 JA, d. h. bei $VP \leq \#X_VPPBM$, wird bestimmt, ob der Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD "0" zeigt oder nicht (Schritt 25). Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 25 JA, d. h. bei S_EMOD 0, was darauf hinweist, dass der Verbrennungsmodus der Maschine 3 auf die Schichtverbrennung oder auf die homogene magerere Verbrennung eingestellt ist, wird bestimmt, ob der Bremskraftverstärker-Manometerunterdruck PBGM gleich oder niedriger ist als ein erster vorgegebener Unterdruck #X_PBMMLL (z. B. 250 mmHg) (Schritt 26). Der erste vorgegebene Unterdruck entspricht einem für die Verstärkung der Bremskraft der Bremse benötigten Minimum an Unterdruck. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 26 JA, d. h. wenn ein tatsächlicher Unterdruck in dem Ansaugrohr 4 derart niedrig ist, dass der Unterdruck kaum sichergestellt werden kann, weil das Fahrzeug in einem Zustand mit relativ niedri-

ger Geschwindigkeit bleibt und weil die Drosselklappe 10 vollständig oder weit geöffnet ist, setzt die CPU 2a das Flag FPBM für die Anforderung eines Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "1", unter der Annahme, dass der Unterdruck zwangsverstärkt werden sollte (Schritt 27), woraufhin die Unteroutine für die Bestimmung des Bremskraftverstärkerunterdrucks endet.

[0101] Wenn andererseits das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 24 bis 26 NEIN ist, d. h. wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit VP höher als die vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit #X_VPPBM ist, wenn der Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt ist oder wenn der Bremskraftverstärker-Messunterdruck PBGM höher ist als der erste vorgegebene Unterdruck #X_PBMMLL, setzt die CPU 2a das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "0", unter der Annahme, dass der momentane Zustand bestehen bleiben und der Unterdruck nicht verstärkt werden soll (Schritt 28), wonach die Unteroutine für die Bestimmung des Bremskraftverstärkerunterdrucks endet.

[0102] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 23 JA ist, d. h. bei F_PBMW1, was darauf hinweist, dass das vorhergehende Mal Unterdruck angefordert worden war, wird bestimmt, ob der Bremskraftverstärker-Messunterdruck PBGM gleich oder höher ist als ein zweiter vorgegebener Unterdruck #X_PBMHL (z. B. 400 mmHg), der höher ist als der erste vorgegebene Unterdruck #X_PBMMLL (Schritt 29).

[0103] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 29 NEIN, d. h. bei $\text{PBGM} < \#X_PBMHL$, hält die CPU 2a das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "1", unter der Annahme, dass die Unterdruckanforderung auch für die momentane Zeit beibehalten werden soll (Schritt 31), wonach die Unteroutine für die Bestimmung des Bremskraftverstärkerunterdrucks endet.

[0104] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 29 andererseits JA ist, d. h. bei $\text{PBGM} \geq \#X_PBMHL$, setzt die CPU 2a das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "0", unter der Annahme, dass sich der Unterdruck ausreichend erholt hat und dass kein Unterdruck angefordert werden muss (Schritt 30). Danach endet die Unteroutine für die Bestimmung des Bremskraftverstärkerunterdrucks.

[0105] Indem für den unteren Grenzwert für die Bestimmung einer Unterdruckanforderung Werte angesetzt werden, die sich für angeforderten Unterdruck und für nicht angeforderten Unterdruck unterscheiden, d. h. indem eine Hysterese vorgesehen wird, ist es möglich, ein Pendeln des Ergebnisses der Bestimmung und der resultierenden Steuerung/Regelung ohne Störung zu vermeiden.

[0106] Im Folgenden wird eine Unteroutine für die Bestimmung einer Schichtverbrennungszone in Schritt 2 von Fig. 2 unter Bezugnahme auf die Fig. 5 und 6 beschrieben. Zunächst wird in Schritt 60 bestimmt, ob ein F/C-Verzögerungsflag F_FCDLY auf "0" gesetzt ist oder nicht. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 60 NEIN, d. h. bei F_FCDLY = 1, wodurch angezeigt wird, dass eine vorgegebene Zeit ab dem Ende von FIC nicht verstrichen ist, wird die Unteroutine für die Bestimmung einer Schichtverbrennungszone beendet.

[0107] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 60 dagegen JA, d. h. wenn die vorgegebene Zeit ab dem Ende von FIC abgelaufen ist, wird bestimmt, ob der Vorwert des Verbrennungsmodus-Monitors S_EMOD1 "2" ist oder nicht (Schritt 61).

[0108] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 61 JA ist, d. h. wenn der Verbrennungsmodus beim vorhergehenden Mal auf die Schichtverbrennung eingestellt worden

war, wird in den nachfolgenden Schritten 62 bis 65 bestimmt, ob die Getriebschaltposition NGR des Automatikgetriebes jeweils "0" bis "3" ist, d. h. es wird eine aktuelle Getriebestufe bestimmt. In Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Bestimmung in den Schritten 62 bis 65 setzt die CPU 2a in Schritt 66 bis Schritt 70 ein oberes Grenzdrehmoment PMDIZNH, bei dem Schichtverbrennung verfügbar ist, auf Drehmomente #PMDIZ5HH – #PMDIZ1HH, die für den fünften bis ersten Gang im Schichtverbrennungsmodus jeweils vorgesehen sind. Wie später beschrieben, wird das obere Grenzdrehmoment PMDIZNH für verfügbare Schichtverbrennung verwendet, um zu bestimmen, ob die Schichtverbrennung in den jeweiligen Gangstufen verfügbar ist. Die vorgegebenen Drehmomente #PMDIZ5HH – #PMDIZ1HH werden aus einer NE-#PMDIZnHH-Tabelle, von der ein Beispiel in Fig. 7 gezeigt ist, in Übereinstimmung mit der Motordrehzahl NE abgelesen. Die NE-#PMDIZnHH-Tabellen sind für die jeweiligen Schaltpositionen NGR vorgesehen, wobei das vorgegebene Drehmoment #PMDIZnHH auf einen kleineren Wert eingestellt wird, während die Motordrehzahl NE höher ist oder während die Gangstufe in einer höheren Position ist.

[0109] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 61 dagegen NEIN, d. h. bei S_EMOD1 2, wodurch angezeigt wird, dass der vorhergehende Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung oder die homogene magere Verbrennung eingestellt worden war, wird bestimmt, ob das momentane Flag FPBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks "0" ist und ob der Vorwert F_PBM1 des Flag für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks "1" ist (Schritt 71).

[0110] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 71 JA lautet, d. h. bei F_PBM1 = 1 und F_PBM = 0, wodurch angegeben wird, dass die momentane Schleife direkt folgt, nachdem ein Unterdruck nicht angefordert wurde, führt die Routine zu Schritt 62 und weiter.

[0111] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 71 NEIN ist, d. h. bei F_PBM1 = 0 und F_PBM = 1, wodurch angezeigt wird, dass momentan ein Unterdruck angefordert wird oder dass vorher kein Unterdruck angefordert wurde, wird in den Schritten 72 bis 75 von Fig. 6 ähnlich wie in den vorgenannten Schritten 62 bis 65 bestimmt, ob die Getriebschaltposition NGR des Automatikgetriebes jeweils "0" bis "3" ist oder nicht. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Bestimmung in den Schritten 72 bis 75 setzt die CPU 2a in Schritt 76 bis Schritt 80 das obere Grenzdrehmoment PMDIZNH für verfügbare Schichtverbrennung auf vorgegebene Drehmomente #PMDIZ5HL – #PMDIZ1HL für jeweils den fünften bis ersten Gang in einem anderen Verbrennungsmodus als dem der Schichtverbrennung. Diese vorgegebenen Drehmomente #PMDIZ5HL – #PMDIZ1HL werden in Übereinstimmung mit der Motordrehzahl NE ebenso aus NE-#PMDIZnHL-Tabellen ausgelesen, die für die jeweiligen Schaltpositionen vorgesehen sind. Fig. 8 zeigt ein Beispiel einer NE-#PMDIZnHL-Tabelle. Diese vorgegebenen Drehmomente #PMDIZnHL werden jeweils auf niedrigere Werte eingestellt, während die Motordrehzahl NE höher ist oder während die Gangstufe in einer höheren Position ist. Die vorgegebenen Drehmomente #PMDIZnHL werden auch auf Werte mit Hysterese eingestellt, die niedriger sind als die vorgegebenen, in der NE-#PMDIZnHH-Tabelle in Fig. 7 festgelegten Drehmomente #PMDIZnHH für den Schichtverbrennungsmodus.

[0112] In Schritt 81 von Fig. 5, der auf die Schritte 66 bis 70 oder 76 bis 80 folgt, bestimmt die CPU 2a eine Bedingung für die Durchführung einer Schichtverbrennung, woraufhin die Unteroutine für die Bestimmung der Schichtverbrennungszone endet.

[0113] Als nächstes wird eine Unteroutine zur Bestimmung einer Bedingung für die Durchführung der Schichtverbrennung unter Bezugnahme auf Fig. 9 beschrieben. Zunächst wird in Schritt 90 bestimmt, ob ein Startmodus-Flag F_STMOD "0" ist oder nicht.

[0114] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 90 NEIN ist, d. h. die Maschine 3 befindet sich in einem Startmodus, setzt die CPU 2a ein Schichtverbrennungs-Freigabe-Flag F_DISCOK auf "0", um die Einstellung des Schichtverbrennungsmodus zu sperren (Schritt 91), und setzt diesen Wert auf ein Schichtverbrennungs-Flag F_DISC (Schritt 92), woraufhin die Unteroutine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die Schichtverbrennung folgt.

[0115] Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 90 JA ist, d. h. wenn sich die Maschine 3 nicht im Startmodus befindet, wird in Schritt 93 bestimmt, ob die Ansauglufttemperatur TA gleich oder höher ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert #TADISC. (z. B. -10°C) für den Schichtverbrennungsmodus, und in Schritt 94 wird bestimmt, ob die Wassertemperatur TW der Maschine gleich oder höher ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert #TWDISC (z. B. 70°C) für den Schichtverbrennungsmodus. Ist das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 93 und 94 NEIN, führt die CPU 2a den Schritt 91 und weitere durch, unter der Annahme, dass sich die Maschine 3 in einem Zustand niedriger Temperatur befindet, so dass, wenn der Verbrennungsmodus unter dieser Bedingung auf die Schichtverbrennung eingestellt wird, die sichere Zündung fehlschlagen kann, wonach die Unteroutine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die Schichtverbrennung endet.

[0116] Sind die Ergebnisse der Bestimmungen in den Schritten 93 und 94 beide JA, d. h. bei $TA \geq \#TADISC$ und $TW \geq \#TWDISC$, wodurch angezeigt wird, dass sich die Maschine 3 in einem für die Schichtverbrennung geeigneten hohen Temperaturzustand befindet, wird bestimmt, ob das Flag FPBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks "0" ist oder nicht (Schritt 95).

[0117] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 95 NEIN ist, d. h. bei F_PBM = 1, wodurch angezeigt wird, dass kein ausreichender Unterdruck in dem Bremskraftverstärker 9 sichergestellt ist, so dass dieser Unterdruck verstärkt werden sollte, führt die CPU 2a den Schritt 91 und weitere durch, um das Schichtverbrennungs-Freigabe-Flag F_DISCOK auf "0" zu setzen, woraufhin die Unteroutine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für Schichtverbrennung endet. Auf diese Weise wird nach der Anforderung von Unterdruck die Einstellung des Verbrennungsmodus auf Schichtverbrennung gesperrt, wodurch sich zur Sicherstellung eines ausreichenden Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker 9 verhindern lässt, dass die Drosselklappe 10 vollständig geöffnet wird.

[0118] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 95 JA, d. h. F_PBM = 0, wodurch angezeigt wird, dass kein Unterdruck angefordert wird, wird bestimmt, ob das in der Routine von Fig. 13 abgerufene angeforderte Drehmoment PMCMDREG gleich oder niedriger ist als das in den Schritten 66 bis 70 oder 76 bis 80 abgerufene obere Grenzdrehmoment PMDIZNH, bei dem eine Schichtverbrennung verfügbar ist (Schritt 96; 1. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 96 NEIN ist, d. h. $PMCMDREG > PMDIZNH$, führt die CPU 2a Schritt 91 und weitere aus, unter der Annahme, dass die Schichtverbrennung nicht durchgeführt wird, wobei dem Ausgangsdrehmoment der Maschine 3 eine höhere Priorität beigemessen wird, da das für die Maschine 3 angeforderte Drehmoment PMCMDREG hoch ist. Danach endet die Unteroutine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die Schichtverbrennung.

[0119] Wenn andererseits das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 96 JA ist, d. h. bei $PMCMREG \leq PMDIZNH$, setzt die CPU 2a das Schichtverbrennungs-Freigabe-Flag F_DISCOK auf "1", unter der Annahme, dass die Bedingung für die Durchführung der Schichtverbrennung erfüllt ist, da das angeforderte Drehmoment $PMCMREG$ so niedrig ist, dass der Kraftstoffökonomie der Maschine 3 eine höhere Priorität beigemessen wird (Schritt 97). Dann führt die CPU 2a Schritt 92 durch, auf den das Ende der Unteroutine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die Schichtverbrennung folgt.

[0120] Die in dem vorgenannten Schritt 3 von Fig. 2 durchgeführte Bestimmung der homogenen mageren Verbrennungszone ist im Grunde identisch mit der Bestimmung der Schichtverbrennungszone, so dass von der Bestimmung der homogenen mageren Verbrennungszone die Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung mit Bezug auf Fig. 10 beschrieben wird. Diese Routine ist grundsätzlich ähnlich wie die oben beschriebene Routine zur Bestimmung der Durchführungsbedingung für die Schichtverbrennung. Zunächst wird ähnlich wie in Schritt 90 von Fig. 9 in Schritt 100 bestimmt, ob das Startmodus-Flag F_STMOD "0" ist. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 100 NEIN, setzt die CPU 2a ein Flag F_LEANOK für die Freigabe der homogenen mageren Verbrennung auf "0" (Schritt 101) und setzt diesen Wert für ein Flag F_LEANOK für homogene magere Verbrennung (Schritt 102). Danach endet die Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung.

[0121] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 100 JA ist, wird in Schritt 103 bestimmt, ob die Ansauglufttemperatur TA gleich oder höher ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert $\#TLEAN$ (z. B. $-10^\circ C$) für den homogenen mageren Verbrennungsmodus, und in Schritt 104 wird bestimmt, ob die Wassertemperatur TW der Maschine gleich oder höher ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert $\#TWLEAN$ (z. B. $40^\circ C$) für den homogenen mageren Verbrennungsmodus. Ist das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 103 und 104 NEIN, führt die CPU 2a den Schritt 101 und weitere aus. Danach folgt das Ende der Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung.

[0122] Sind die Ergebnisse der Bestimmungen in den Schritten 103 und 104 beide JA, wird bestimmt, ob das Flag $FPBM$ für den Bremskraftverstärkerunterdruck "0" ist oder nicht (Schritt 105).

[0123] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 105 NEIN ist, d. h. bei $F_PBM = 1$, wodurch angezeigt wird, dass ein Unterdruck angefordert wird, führt die CPU 2a den Schritt 101 und weitere durch, um das Freigabe-Flag F_LEANOK für die homogene magere Verbrennung auf "0" zu setzen. Danach endet die Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung. Auf diese Weise wird bei Anforderung eines Unterdrucks die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die homogene magere Verbrennung gesperrt, wodurch zur Sicherstellung des Unterdrucks die Drosselklappenöffnung TH auf einen kleineren Wert gesteuert/geregelt werden kann.

[0124] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 105 JA, d. h. wenn kein Unterdruck angefordert wird, wird bestimmt, ob das angeforderte Drehmoment $PMCMREG$ gleich oder kleiner ist als oberes Grenzdrehmoment $PMLEANNH$ für den homogenen mageren Verbrennungsmodus (Schritt 106). Das obere Grenzdrehmoment $PMLEANNH$ wird in Übereinstimmung mit einer Gangstufe des Automatikgetriebes bei der Bestimmung der homogenen mageren

Verbrennungszone eingestellt, und zwar in ähnlicher Weise wie das vorgenannte obere Grenzdrehmoment $PMDIZNH$, bei dem die Schichtverbrennung verfügbar ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 106 NEIN ist, führt die CPU 2a den Schritt 101 und weitere aus. Danach folgt das Ende der Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung.

[0125] Wenn andererseits das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 106 JA ist, setzt die CPU 2a das Freigabe-Flag F_LEANOK für die homogene magere Verbrennung auf "1", unter der Annahme, dass die Bedingung für die Durchführung der homogenen mageren Verbrennung erfüllt ist (Schritt 107). Dann führt die CPU 2a den Schritt 102 durch, nach dem die Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung endet.

[0126] Als nächstes wird eine Unteroutine zum Einstellen des Verbrennungsmodus-Monitors S_EMOD in Schritt 4 von Fig. 2 mit Bezug auf Fig. 11 beschrieben. Zuerst setzt die CPU 2a den aktuellen Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD auf seinen Vorwert S_EMD1 . Dann wird bestimmt, ob das Schichtverbrennungs-Freigabe-Flag F_DISCOK "1" ist oder nicht (Schritt 111). Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 111 JA, setzt die CPU 2a den Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD auf "2", um den Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung einzustellen (Schritt 112).

[0127] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 111 NEIN ist, d. h. bei $F_DISCOK = 0$, wird bestimmt, ob das Freigabe-Flag F_LEANOK für die homogene magere Verbrennung, das in der Routine für die Bestimmung der Durchführungsbedingung für die homogene magere Verbrennung von Fig. 10 gesetzt wurde, "1" ist oder nicht (Schritt 113). Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 113 JA, setzt die CPU 2a den Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD auf "1", um den Verbrennungsmodus auf die homogene magere Verbrennung einzustellen (Schritt 114).

[0128] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 113 NEIN ist, d. h. bei $F_LEAKOK = 0$, was anzeigt, dass der Verbrennungsmodus nicht auf die Schichtverbrennung oder homogene magere Verbrennung eingestellt werden kann, setzt die CPU 2a zum Einstellen des Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung (Schritt 115) den Verbrennungsmodus-Monitor S_EMOD auf "0". Danach endet die Unteroutine für die Einstellung des Verbrennungsmodus-Monitors.

[0129] Fig. 14 ist ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Routine für die Steuerung/Regelung der Drosselklappenöffnung TH in Schritt 122 von Fig. 12. Zunächst ruft die CPU 2a in Schritt 200 in Übereinstimmung mit der Motordrehzahl NE , dem in der Routine von Fig. 13 abgerufenen benötigten Drehmoment $PMCMREG$ und dem in der Routine von Fig. 11 eingestellten Wert des Verbrennungsmodus-Monitors S_EMOD eine Soll-Drosselklappenöffnung $THCMDM$ aus einem nicht gezeigten Kennfeld ab.

[0130] Dann berechnet die CPU 2a einen Korrekturkoeffizienten $THK1$ und einen Korrekturterm $THK2$ gemäß einem Betriebszustand der Maschine 3 (Schritt 201) und berechnet einen Endwert der Soll-Drosselklappenöffnung $THCMD$ gemäß der folgenden Gleichung (Schritt 202):

$$THCMD = THCMDM \cdot THK1 + THK2 \quad (5)$$

[0131] Im nächsten Schritt 203 berechnet die CPU 2a einen Befehlswert für die Drosselklappenöffnung THP . Der Befehlswert für die, Drosselklappenöffnung THP wird in Übereinstimmung mit einer Abweichung der tatsächlichen Drosselklappenöffnung TH von dem Endwert der Soll-

Drosselklappenöffnung THCMD berechnet. Dann gibt die CPU 2a basierend auf dem Befehlswert für die Drosselklappenöffnung THP ein Antriebssignal an den Elektromotor 10a aus (Schritt 204). Danach endet die Routine für die Steuerung/Regelung der Drosselklappenöffnung.

[0132] Die Zündpunktsteuerung in Schritt 123 in Fig. 12 wird in der folgenden Weise durchgeführt. Zuerst ruft die CPU 2a einen Kennfeldwert IGMAP für den Zündpunkt aus nicht dargestellten Kennfeldern ab, die gemäß den jeweiligen Verbrennungsmoden vorgesehen sind, setzt IGMAP auf einen Basis-Zündpunkt IGBASi und berechnet einen Gesamtkorrekturterm IGCR. Die CPU 2a addiert einen Korrekturterm IGADJ zur Summe aus dem Basis-Zündpunkt IGBASi und dem Gesamtkorrekturterm IGCR, um einen endgültigen Zündpunkt IGABi zu berechnen. Der Korrekturterm IGADJ ist für die Korrektur einer Verzögerung von Erfassungssignalen von einer Vielfalt von Sensoren vorgesehen. Dann gibt die CPU 2a den endgültigen Zündpunkt IGABi als Zündpunkt IG an die Zündkerze 7 aus. Danach endet die Zündpunktsteuerung.

[0133] Wie vorstehend beschrieben, setzt die CPU 2a gemäß der vorhergehenden Ausführungsform das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "1", um die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung oder auf die homogene magere Verbrennung zu sperren, und stellt den Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung ein, wenn der Bremskraftverstärker-Manometerunterdruck PBGM gleich oder niedriger als ein erster Unterdruck #X_PBMML ist, der einen niedrigen Unterdruck zeigt. Auf diese Weise wird das Drosselventil in Übereinstimmung mit der Soll-Drosselklappenöffnung, die basierend auf der Drosselklappenöffnungs-Steuerung/Regelung von Fig. 14 gemäß dem homogenen Verbrennungsmodus berechnet wurde, auf eine kleine Öffnung gesteuert/geregelt. Ein hoher Unterdruck wird in dem Ansaugrohr 4 gehalten, um in dem Bremskraftverstärker 9 einen von dem Ansaugrohr 4 eingeleiteten Unterdruck sicherzustellen. Da der Verbrennungsmodus auf die homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt wird, wird außerdem für eine stabile Verbrennung gesorgt.

[0134] Wenn der Bremskraftverstärker-Manometerunterdruck PBGM gleich oder höher ist als der zweite vorgegebene Unterdruck #X_PBMHL, während die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung oder die homogene magere Verbrennung gesperrt ist, setzt die CPU 2a das Flag F_PBM für die Anforderung des Bremskraftverstärkerunterdrucks auf "0", um den gesperrten Verbrennungsmodus freizugeben. Deshalb kann eine Verschlechterung der Kraftstoffökonomie aufgrund der gesperrten Schichtverbrennung und dergleichen minimiert werden. Außerdem kann der Verbrennungsmodus ohne Pendeln zu verursachen umgeschaltet werden, da der zweite vorgegebene Unterdruck #X_PBMHL höher eingestellt ist als der erste vorgegebene Unterdruck #X_PBMML.

[0135] Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebene Ausführungsform beschränkt ist, sondern in vielfältiger Weise ausgeführt werden kann. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung selbstverständlich auf eine Maschine angewandt werden; die eine Unterdruckkammer für die zeitweise Speicherung eines Unterdrucks in der Mitte des Zweigrohrs 8 aufweist, welches das Ansaugrohr 4 mit dem Bremskraftverstärker 9 verbindet. Ansonsten können Details der Konfiguration angemessen modifiziert werden, ohne vom Kern der Erfindung abzuweichen und ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0136] Wie vorstehend beschrieben wurde, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines

Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine auf vorteilhafte Weise unter Vermeidung komplizierter Steuerungen/Regelungen einen Unterdruck in dem Bremskraftverstärker und eine stabile Verbrennung sicherstellen.

[0137] Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und eine Motorsteuereinheit für eine Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellt, um unter Vermeidung einer komplizierten Steuerung/Regelung einen Unterdruck in einem Bremskraftverstärker und eine stabile Verbrennung sicherzustellen. Die Vorrichtung und das Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks und die Motorsteuereinheit sind zur Verwendung bei einer Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung vorgesehen, die in der Weise konfiguriert ist, dass basierend auf einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedal Stellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine ein Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung eingestellt wird, und die mit einem Bremskraftverstärker zum Verstärken der Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist. Die Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Unterdrucks der Bremse umfasst einen Unterdrucksensor für die Erfassung eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker und eine ECU zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger ist als ein erster vorgegebener Unterdruck. Die ECU steuert eine Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die ECU die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung sperrt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, die dazu konfiguriert ist, dass sie basierend auf einer benötigten Leistung nach Maßgabe zumindest einer Gaspedalstellung und eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine einen Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die mit einem Bremskraftverstärker zur Verstärkung einer Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist, wobei die Vorrichtung umfasst:
eine Unterdruck-Detektoreinrichtung zur Erfassung eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker;
eine Verbrennungsmodus-einstell-Sperreinrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger ist als einer erster vorgegebener Unterdruck; und
eine Steuer/Regel-Einrichtung zum Steuern/Regeln einer Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung bei einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung sperrt.
2. Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Verbrennungsmodus ferner eine homogene magere Verbrennung umfasst und wobei die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene ma-

gere Verbrennung sperrt, wenn der Unterdruck niedriger ist als der erste vorgegebene Unterdruck.

3. Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, wobei die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus den gesperrten Verbrennungsmodus freigibt, wenn der Unterdruck während der Sperre der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung durch die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus über den ersten vorgegebenen Druck, der höher ist als der erste vorgegebene Unterdruck, hinaus erhöht wird.

4. Vorrichtung zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, wobei die Einrichtung zum Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus die Sperre der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung, nachdem der Unterdruck über den zweiten vorgegebenen Unterdruck hinaus erhöht wurde, fortsetzt, wenn die benötigte Leistung höher als ein vorgegebenes oberes Leistungslimit ist.

5. Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, die in der Weise konfiguriert ist, dass sie in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine einen Verbrennungsmodus auf eine Schichtverbrennung oder auf eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die mit einem Bremskraftverstärker zur Verstärkung der Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- die Erfassung eines Unterdrucks in dem Bremskraftverstärker;
- das Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung, wenn der erfasste Unterdruck niedriger als einer erster vorgegebener Unterdruck ist; und
- das Steuern/Regeln einer Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus, wenn die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung gesperrt ist.

6. Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei der Verbrennungsmodus ferner eine homogene magere Verbrennung umfasst und wobei der Schritt des Sperrens der Einstellung des Verbrennungsmodus das Sperren der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung einschließt, wenn der Unterdruck niedriger als der erste vorgegebene Unterdruck ist.

7. Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, wobei der Schritt des Sperrens des Verbrennungsmodus die Freigabe des gesperrten Verbrennungsmodus einschließt, wenn der Unterdruck während der Sperre der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung über den ersten vorgegebenen Druck, der höher als der erste vorgegebene Unterdruck ist, hinaus erhöht wird.

8. Verfahren zum Steuern/Regeln eines Brems-Unterdrucks für eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Sperrens der Einstellung des Ver-

brennungsmodus das Fortsetzen der Sperre der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung einschließt, wenn die benötigte Leistung höher als ein vorgegebenes oberes Leistungslimit ist, nachdem der Unterdruck über den zweiten vorgegebenen Unterdruck hinaus erhöht wurde.

9. Motorsteuereinheit, die ein Steuerprogramm enthält, das einen Computer veranlasst, einen Brems-Unterdruck zu steuern/regeln, für eine Brennkraftmaschine des Typs mit Zylinderdirekteinspritzung, die in der Weise konfiguriert ist, dass sie einen Verbrennungsmodus basierend auf einer benötigten Leistung in Übereinstimmung mit zumindest einer Gaspedalstellung und einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine auf eine Schichtverbrennung oder eine homogene stöchiometrische Verbrennung einstellt, und die mit einem Bremskraftverstärker für die Verstärkung der Bremskraft einer Bremse mit einem von einem Ansaugrohr eingeleiteten Unterdruck ausgestattet ist, wobei das Steuerprogramm den Computer veranlasst: einen Unterdruck in dem Bremskraftverstärker zu erfassen;

die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung zu sperren, wenn der erfasste Unterdruck niedriger als ein erster vorgegebener Unterdruck ist; und

eine Drosselklappenöffnung in Übereinstimmung mit einer Soll-Drosselklappenöffnung in einem homogenen Verbrennungsmodus zu steuern/regeln, wenn die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung gesperrt ist.

10. Motorsteuereinheit nach Anspruch 9, wobei der Verbrennungsmodus ferner eine homogene magere Verbrennung einschließt und wobei das Steuerprogramm den Computer veranlasst, die Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung zu sperren, wenn der Unterdruck niedriger ist als der erste vorgegebene Unterdruck.

11. Motorsteuereinheit nach Anspruch 10, wobei das Steuerprogramm den Computer weiterhin veranlasst, den gesperrten Verbrennungsmodus freizugeben, wenn während der Sperre der Einstellung des Verbrennungsmodus auf die Schichtverbrennung und auf die homogene magere Verbrennung der Unterdruck über den ersten vorgegebenen Druck, der höher als der erste vorgegebene Unterdruck ist, hinaus erhöht wird.

12. Motorsteuereinheit nach Anspruch 11, wobei das Steuerprogramm den Computer weiterhin veranlasst, die Sperre, der Schichtverbrennung und der homogenen mageren Verbrennung fortzusetzen, wenn die benötigte Leistung höher als ein vorgegebenes oberes Leistungslimit ist, nachdem der Unterdruck über den zweiten vorgegebenen Unterdruck hinaus erhöht wurde.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

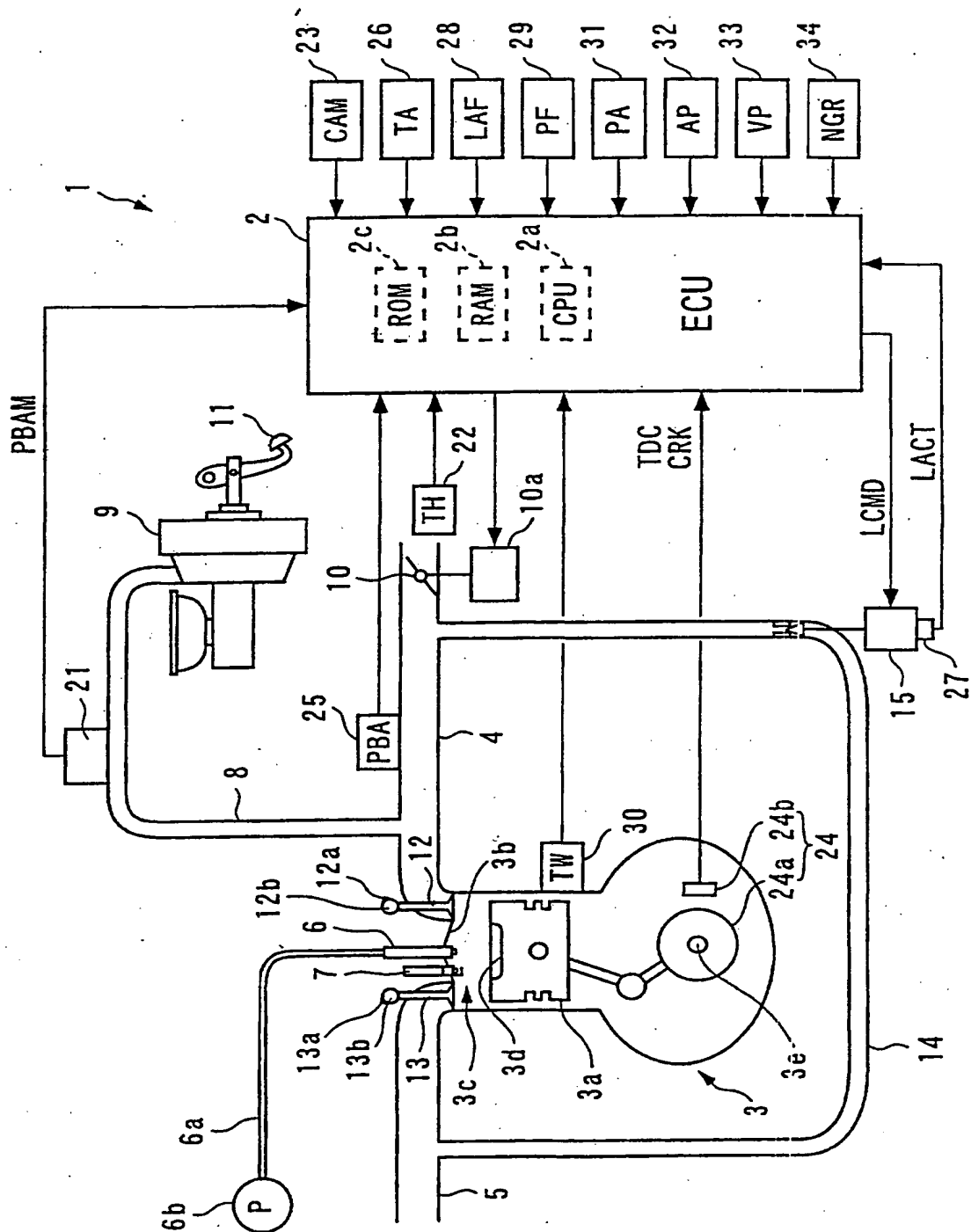


FIG. 2

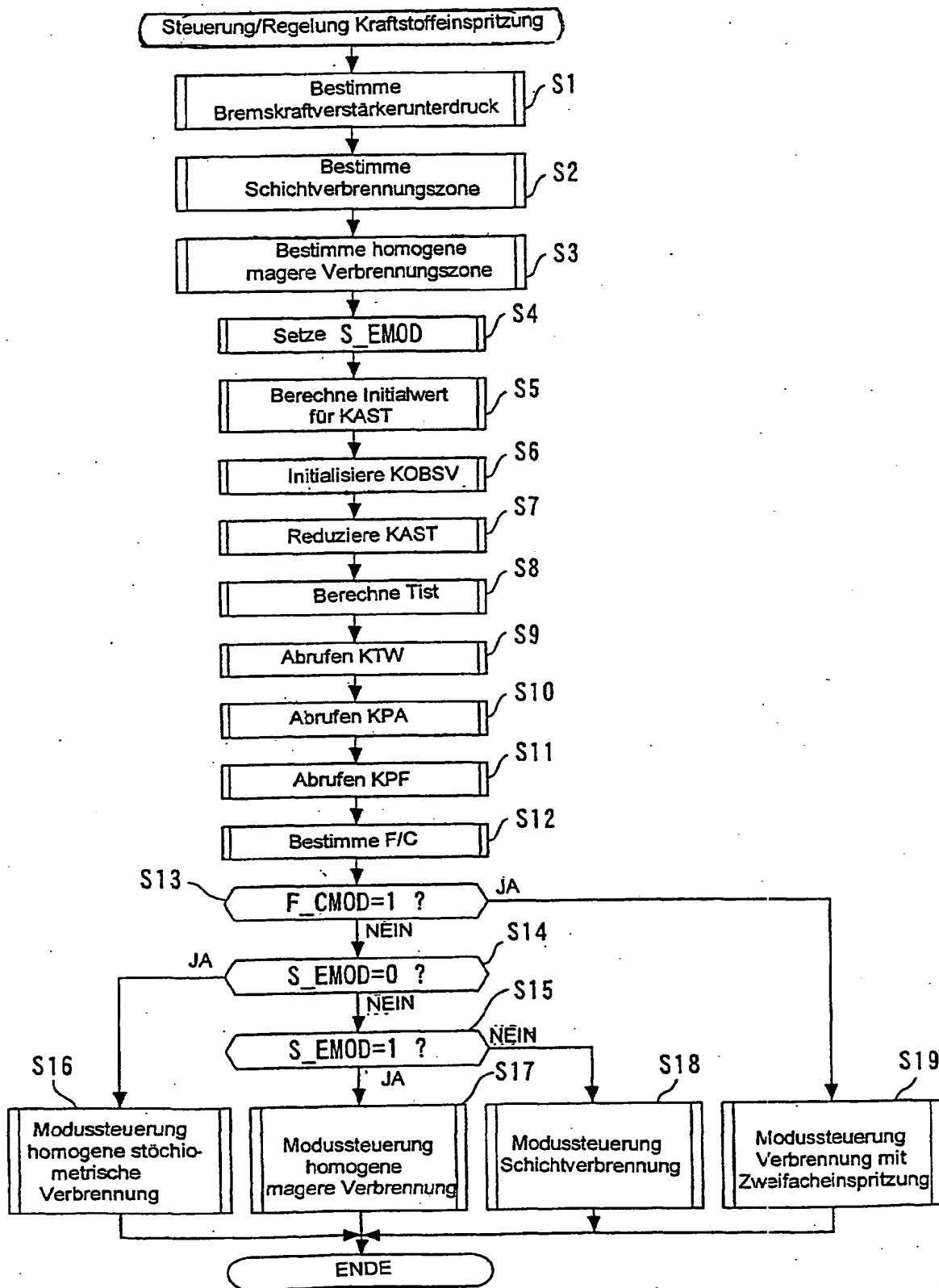


FIG. 3

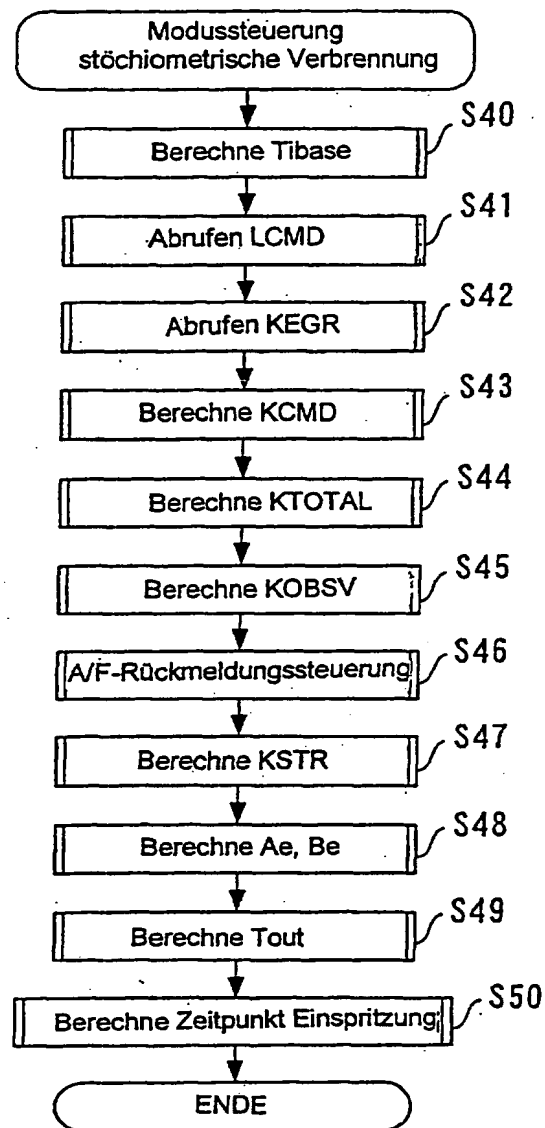


FIG. 4

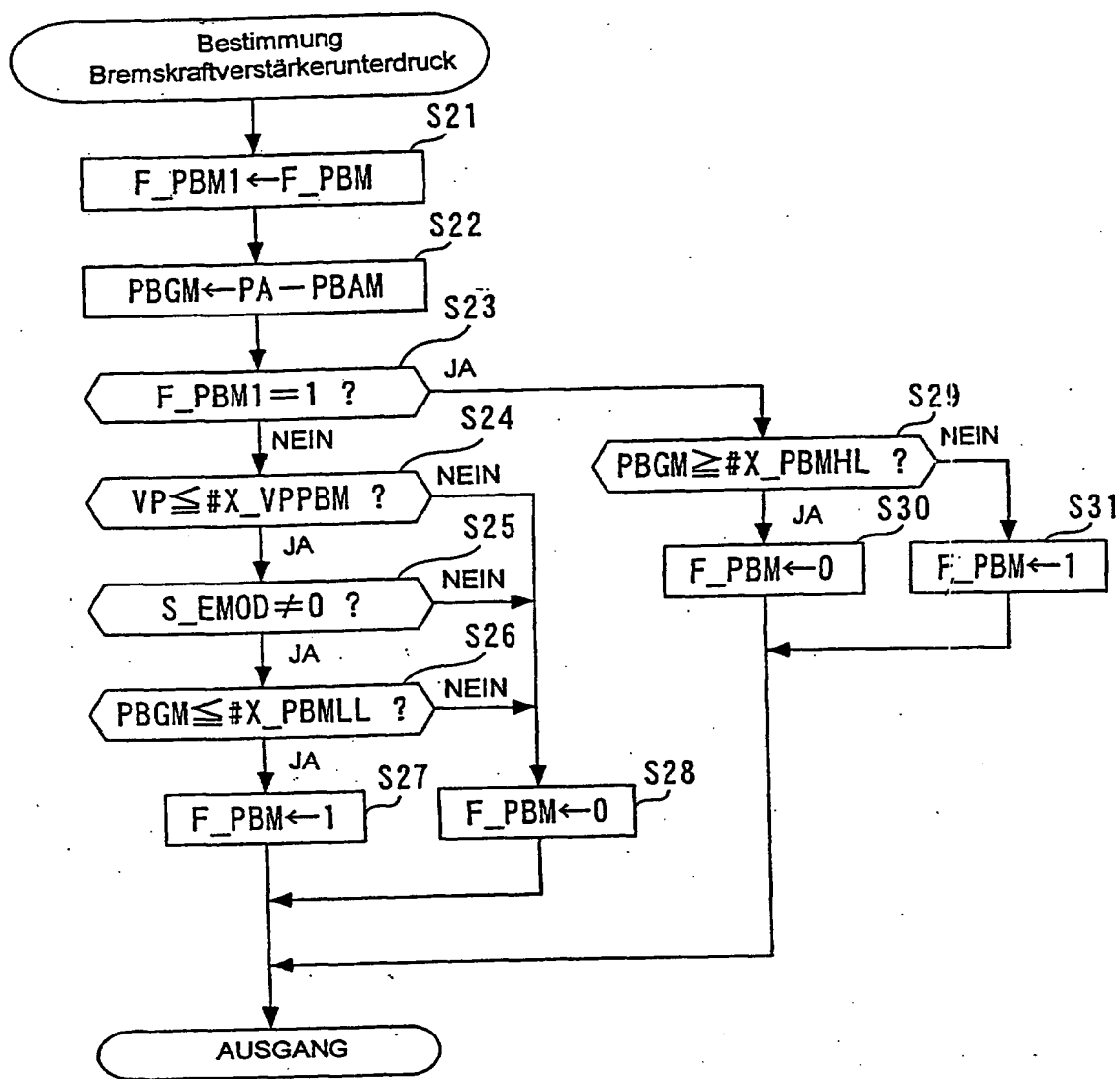


FIG. 5

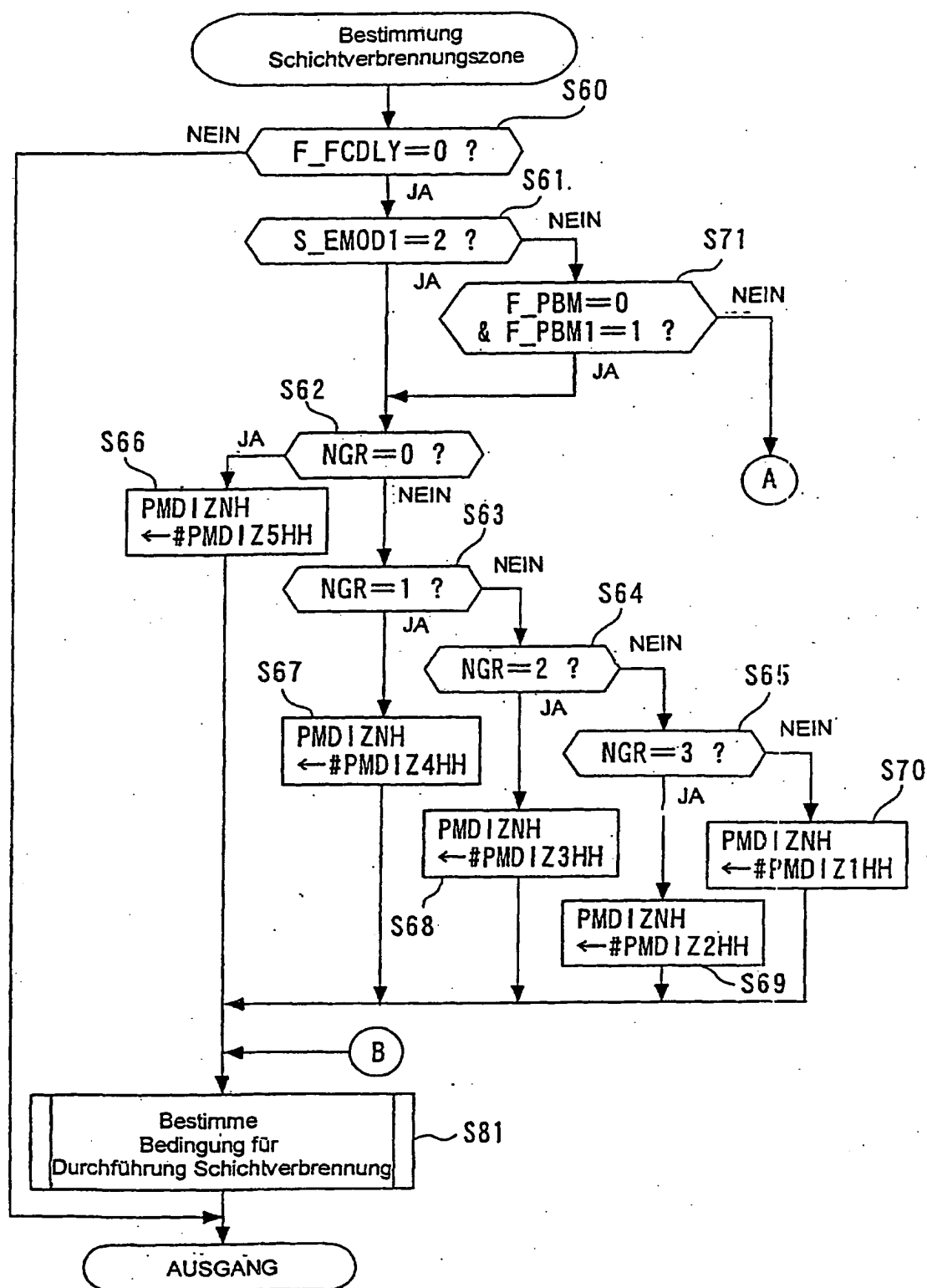


FIG. 6

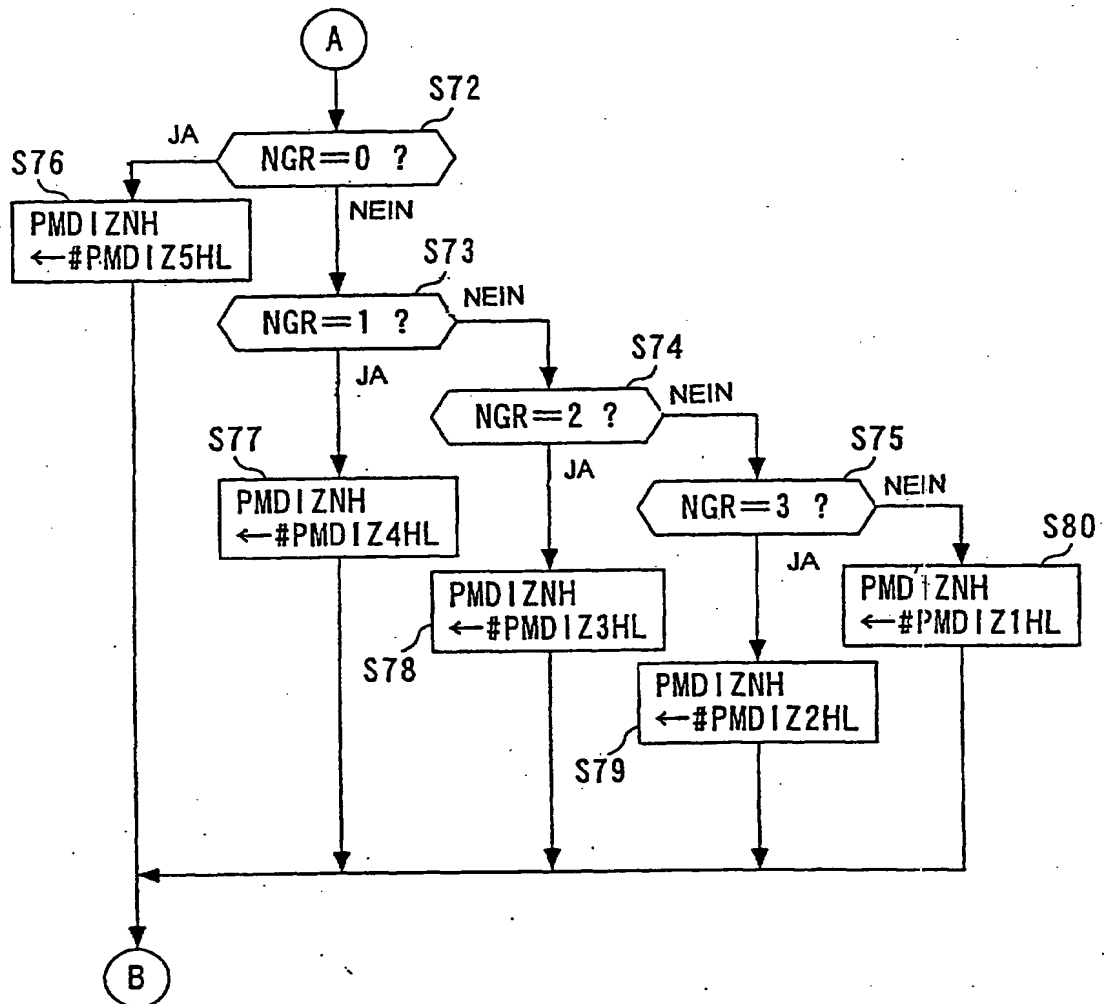


FIG. 7

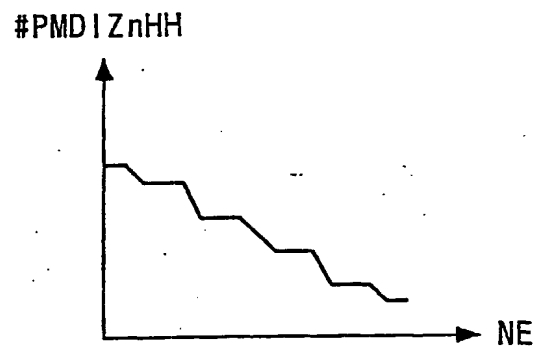


FIG. 8

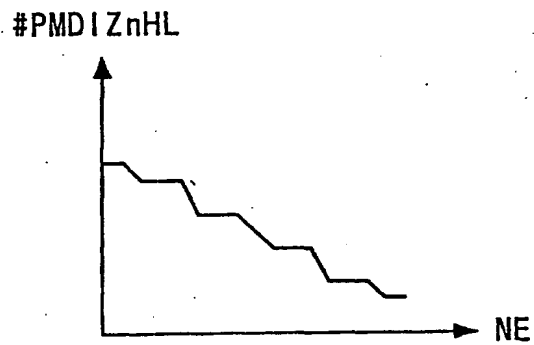


FIG. 9

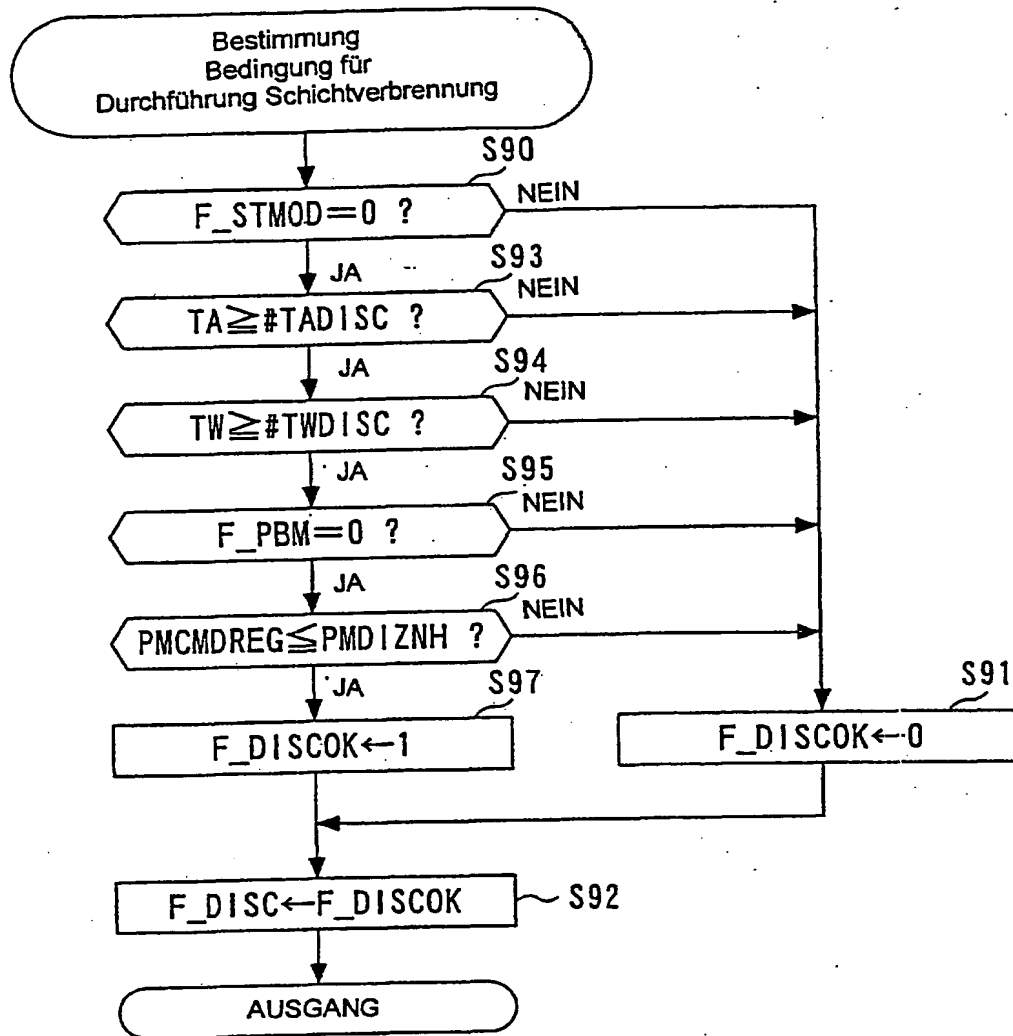


FIG. 10

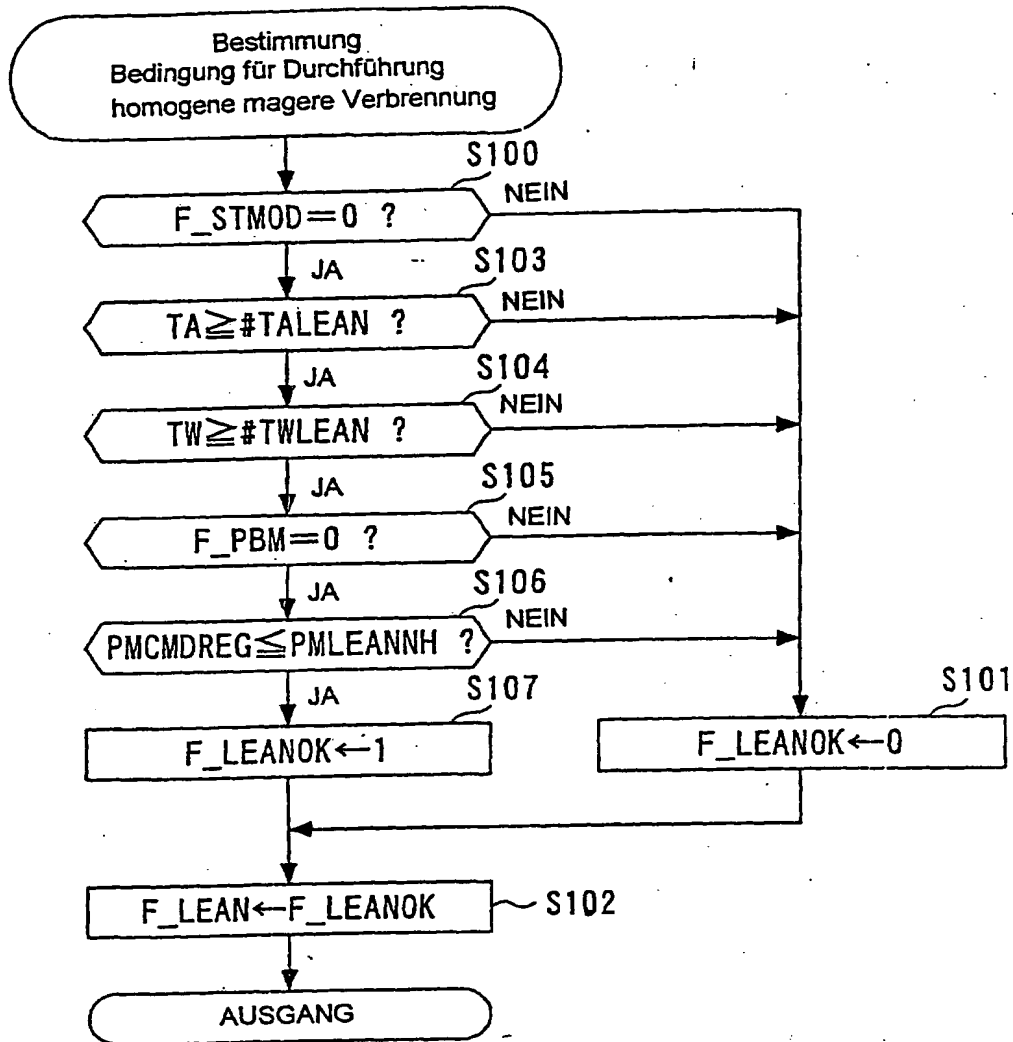


FIG. 11

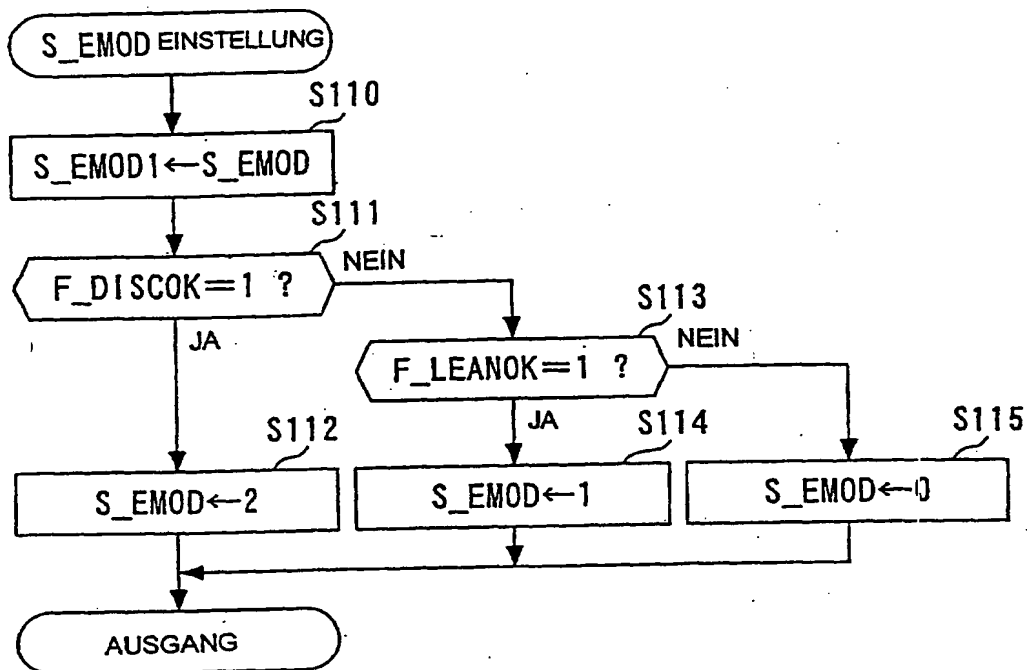


FIG. 12

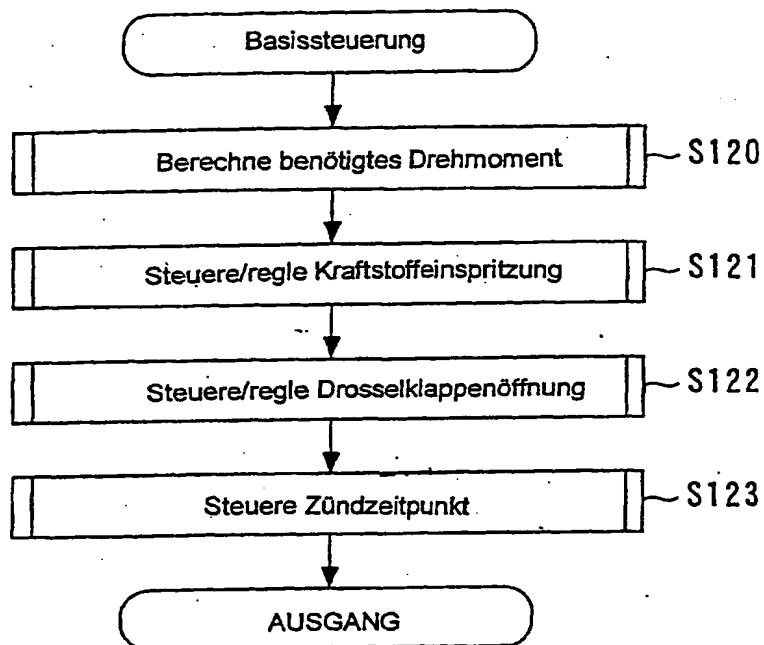
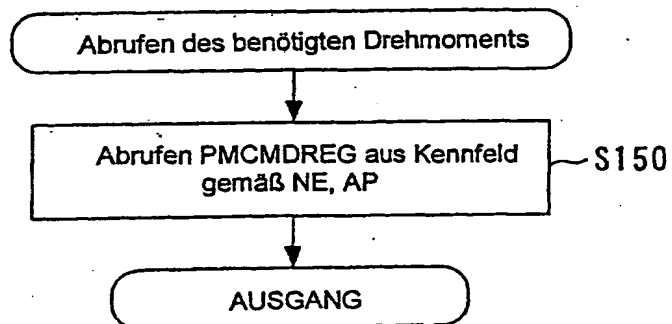
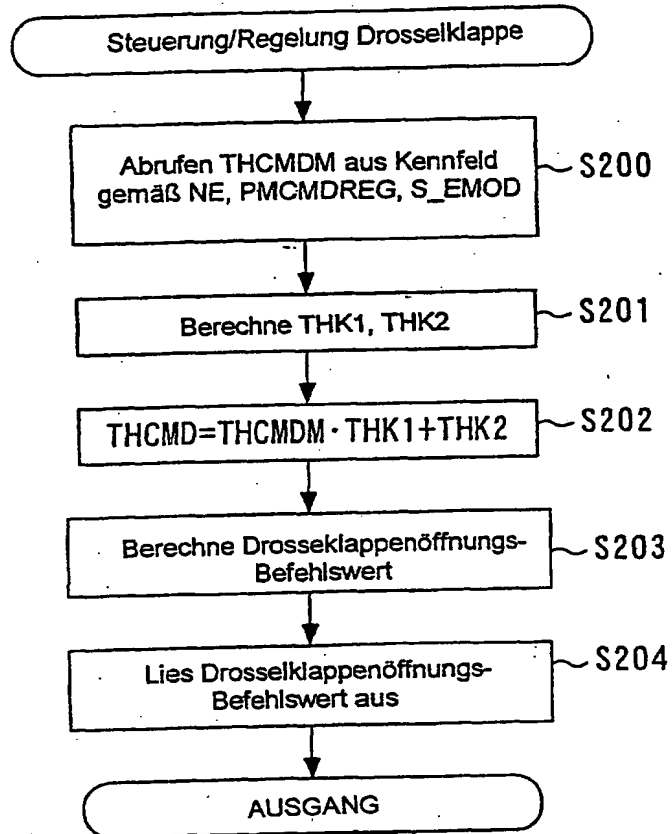


FIG. 13



_ F I G . 1 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)